

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

Bc. Priviczer Jan

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Studium vhodnosti použití syntetických a vodou
ředitelných nátěrových hmot u dopravních prostředků

Study of Pertinency Using of Synthetic and Water
Paint Masses at Traffic Agents

Student: Bc. Priviczer Jan

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová CSc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Priviczer**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Studium vhodnosti použití syntetických a vodou ředitelných nátěrových hmot u dopravních prostředků**
Study of Pertinency Using of Synthetic and Water Paint Masses at Traffic Agents

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor současného stavu použití nátěrových hmot u tramvají.
2. Navrhněte nátěrové hmoty vhodné pro agresivní korozní prostředí.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Proveďte experimentální práce, jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu včetně ekonomického zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P. *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



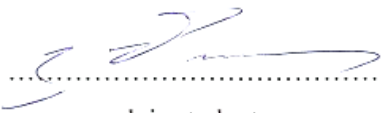

prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Mistopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

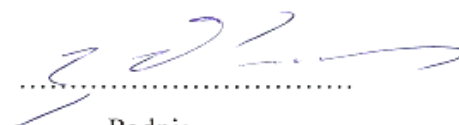
V Ostravě.....*20. 5. 2013*.....


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35- užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst.3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě. 20.5.2013


.....
Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jan Priviczer

Adresa trvalého pobytu autora práce: Albrechtická 37b, Krnov

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PRIVICZER, J. Studium vhodnosti použití syntetických a vodou ředitelných nátěrových hmot u dopravních prostředků: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2013, 97 s. Vedoucí práce: Podjuklová, J.

V oblasti výroby a opravárenství kolejových vozidel, hraje protikorozi ochrana materiálu velmi významnou úlohu z pohledu zajišťování kvality, jakosti a životnosti vyráběných produktů. Diplomová práce se po úvodní korozi charakteristice a specifikaci možných příčin vzniku koroze zabývá studiem nátěrových hmot. Složení nátěrových systémů má velký vliv na jeho kvalitu a výslednou korozi odolnost a proto je této otázce věnována v této práci patřičná pozornost. Pro ověření adheze a korozi odolnosti stanovených ochranných nátěrových hmot byly na před upravené ocelové panely nanášeny nátěrové systémy ve více modifikacích, které charakterizovaly jednotlivé možnosti zasychání nátěrových filmů, jenž mohou nastat v reálných výrobních podmínkách. Výsledné modelové nátěry byly testovány za pomoci urychlených korozi laboratorních zkoušek v kondenzační komoře a následně vyhodnoceny.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

PRIVICZER, J, Study of synthetic and water-soluble painting materials use suitability of vehicles: master thesis, Ostrava : VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2013, 97 p. Thesis supervisor: Podjuklova, J.

Regarding quality and manufactured products lifetime assurance the anticorrosive material protection is very important in the area of railway vehicles production and repairs. After the preliminary corrosion characteristic and eventual corrosion formation causes the thesis is concerned with painting materials study. The painting systems composition influences its quality and final corrosion resistance significantly. Thus, there is paid proper attention to this issue. The pre-treated steel panels were treated with more different painting systems to prove adhesion and corrosion resistance of stated protective painting materials. Those showed particular options of painting skins drying that can occur in real production conditions. The final model coats were tested by accelerated corrosion laboratory tests in condensation chamber and subsequently were evaluated.

Obsah

	strana
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	9
0 Úvod.....	10
1 Zhodnocení současného stavu používání nátěrových typů hmot v povrchové úpravě dopravních prostředků.....	11
1.1 Podnik - výroba tramvají.....	11
1.2 Klimatické a provozní podmínky.....	12
1.3 Koroze.....	13
1.4 Rozdělení koroze kovů.....	14
1.5 Možnosti korozního napadení.....	15
1.6 Koroze pod organickými povlaky.....	16
1.6.1 Tvorba puchýřů.....	16
1.6.1.1 Tvorba puchýřů objemovou expanzí vzniklou bobtnáním.....	16
1.6.1.2 Osmotická tvorba puchýřů.....	17
1.6.1.3 Tvorba puchýřů vlivem pohlcování nebo tvorby plynů.....	17
1.6.1.4 Tvorby puchýřů vlivem separací fází při tvorbě filmů.....	17
1.6.2 Blesková koroze.....	17
1.6.3 Nítková koroze.....	18
1.7 Organické inhibitory koroze	18
1.8 Organické povlaky - nátěry.....	18
1.9 Vytváření ochranných nátěrů.....	21
1.10 Fyzikální zasychání.....	21
1.11 Chemické zasychání.....	22
1.12 Fyzikální a chemické zasychání.....	22

1.13	Hodnoty VOC.....	22
1.14	Čistota povrchu před aplikací	22
1.15	Tloušťka povlaku nátěrových hmot.....	23
1.16	Stanovení tloušťky nátěru.....	24
2	Studium nátěrových hmot vhodných do korozního prostředí C4- C5.....	26
2.1	Složení nátěrových hmot.....	26
2.2	Podle typu pojivové fáze.....	26
2.3	Pojiva.....	28
2.3.1	Epoxidové pryskyřice.....	28
2.3.2	Vodou ředitelné epoxidové pryskyřice.....	29
2.3.3	Polyesterové pryskyřice.....	29
2.3.4	Polyuretanové pryskyřice.....	30
2.4	Rozpouštědla.....	30
2.5	Plniva.....	31
2.5.1	Požadavky na plniva.....	31
2.6	Pigmenty.....	32
2.6.1	Vlastnosti pigmentů.....	32
2.6.2	Antikorozní pigmenty.....	34
2.7	Fyzikální parametry nátěrových filmů.....	34
2.8	Nátěrové hmoty-rozdělení.....	35
2.9	Syntetické nátěrové hmoty.....	35
2.9.1	Syntetické základní barvy.....	36
2.9.2	Syntetické emaily.....	36
2.9.3	Jednovrstvé syntetické emaily a barvy.....	36
2.9.4	Syntetické emaily vypalovací.....	37
2.10	Vodou ředitelné nátěrové hmoty	37

2.11 Srovnání vodou ředitelné a syntetické nátěrové hmoty.....	38
3 Návrh metody experimentálních prací.....	40
3.1 Příprava zkušebních vzorků.....	40
3.2 Specifikace přípravy základního materiálu před aplikací nátěru.....	43
3.3 Příprava nátěrových hmot.....	45
3.4 Použité nástroje a vybavení.....	45
3.5 Metodika experimentálních prací	45
3.6 Zkušební postupy hodnocení nátěrových hmot na základě nepřímých korozních zkoušek.....	45
3.6.1 Stanovení adheze, stupně přilnavosti nátěru.....	46
3.6.2 Mřížková zkouška.....	46
3.6.3 Stanovení tloušťky nátěru.....	47
3.7 Zkušební postupy hodnocení nátěrových hmot na základě přímých korozních zkoušek.....	47
3.8 Metody vyhodnocení korozních zkoušek nátěrových hmot.....	47
3.8.1 Zrychlená korozní zkouška za přítomnosti soli s kondenzací vodní páry....	48
3.9 Metody hodnocení koroze při zrychlených korozních zkouškách.....	49
3.9.1 Metoda pro vyhodnocení stupně tvorby puchýřů v nátěru.....	49
3.9.2 Vyhodnocení koroze v řezu dle ASTM 1654-92.....	51
3.9.3 Metoda pro vyhodnocování stupně koroze v ploše podkladu	52
3.10 Celkové hodnocení korozních zkoušek.....	53
4 Technické zpracování zprávy a technicko- ekonomické vyhodnocení.....	55
4.1 Vyhodnocení výsledků.....	57
4.2 Vyhodnocení vlastností povlaků na základě mechanických zkoušek.....	57
4.3 Tloušťka nátěrových filmů.....	57
4.4 Vyhodnocení stupně přilnavosti nátěru mřížkovou metodou.....	57

4.5 Vyhodnocení korozní zkoušky v komoře se solnou mlhou.....	60
4.6 Vizuální vyhodnocení vzorků v průběhu zkoušky solnou mlhou.....	60
4.7 Vyhodnocení zkoušky stupně puchýřkování.....	67
4.8 Vyhodnocení zkoušky koroze v řezu.....	70
4.9 Vyhodnocení zkoušky prorezavění v ploše podkladu.....	73
4.10 Celkové vyhodnocení korozních zkoušek.....	76
5 Závěr.....	84
6 Použitá literatura.....	86
7 Přílohy.....	88

Seznam použitých zkratk a symbolů

OKP	Objemová koncentrace pigmentu
KOKP	Kritická objemová koncentrace pigmentu
NH	Nátěrové hmoty
VOC	Obsah organických těkavých látek
μm	Mikrony
VŘS	Vodou ředitelné systémy
PUR	Polyuretan
2K PUR	Dvousložkový polyuretan

0. Úvod

Požadavky současné doby na protikorozi ochranu ocelových konstrukcí jsou velice úzce spojeny s požadavkem dlouhodobé životnosti. Vysokou životnost antikorozi ochrany můžeme řešit několika způsoby. Jedním z nich je použití kombinovaných povlaků, nebo použití nátěrových systémů, kde základní nátěry využívají inhibiční vlastnosti různých látek. Nejvíce rozšířeným způsobem ochrany kovových materiálů před korozi je aplikace nátěrových systémů, které vytvářejí bariéru mezi kovem a vnějším prostředím způsobujícím korozi.

Z pohledu funkčnosti má mít ochranný povlak následující užité vlastnosti: fyziologickou nezávadnost, nízký nebo žádný obsah organických rozpouštědel (VOC), žádné toxické pigmenty (chromany, olovnaté, kadmenné pigmenty), rychlou a snadnou aplikovatelnost nezávislou na okolních vlivech prostředí, možnost rychlého zatížení filmu, vysokou životnost a nízké náklady na údržbu a samozřejmě co nejnižší cenu.[1] Antikorozi nátěry jsou heterogenní dvoufázové systémy, které obsahují vhodné organické pojivo a pigmenty. Vhodnou kombinací různých typů antikorozi pigmentů a plniv získáváme vysoce odolné nátěrové filmy. Tvrdost vytvořených nátěrových filmů stejně jako rychlost jejich zasychání jsou důležitými parametry pro jejich následné praktické využití. Celková antikorozi účinnost nátěrového filmu je do značné míry ovlivněna typem a množstvím aplikovaného pigmentu. Odlišné mechanické vlastnosti nátěrových filmů, které jsou limitující pro vlastní aplikaci nátěrových hmot jsou dosaženy pomocí různých kombinací použitých pigmentů a plniv s daným pojivem. Účinnost nátěrových systémů a jejich ochrana vůči působení klimatických podmínek se ověřuje řadou urychlených laboratorních zkoušek. Na požadavek dlouhodobé životnosti nátěrových systémů má výrazný vliv nejen základní formulace nátěrové hmoty, ale také expoziční podmínky, konstrukční provedení, čistota povrchu a rovněž technologické podmínky při aplikaci. Hodnocení jakosti a kvality provedeného výsledného nátěrového systému se provádí pomocí celé řady standardních metod, které jsou jednoznačně specifikované.

1. Zhodnocení současného stavu používání nátěrových typů hmot v povrchové úpravě dopravních prostředků.

1.1. Podnik – výroba tramvají

Tradice podniku Krnovských dílen pro opravy kolejových vozidel sahá až do 1. října 1872, kdy jsou zaznamenány první poznatky, současně se zprovozněním železniční tratě Olomouc – Krnov – Opava.

Vznik současného podniku „Krnovské opravny a strojírny, s.r.o.“ se datuje na 2. července 1992 transformací dříve státního podniku s dlouholetou tradicí. Hlavním zaměřením společnosti je oprava osobních a nákladních železničních kolejových vozidel (ŽKV), jejich rekonstrukce a přestavby, rekonstrukce historických vozidel, výroba náhradních dílů a strojírenská výroba. Rokem 2003 se výrobní program rozšiřuje i na výrobu, opravy a rekonstrukce tramvajových vozidel.

Se zavedením tramvajové výroby se podnik rozšiřuje a přechází z typicky opravárenského systému řízení výroby na sériovou strojírenskou a montážní produkci.

Tento přechod si ale zároveň vyžádal změnu legislativy v souladu s požadavky zákazníků a oprávněné nároky na několikanásobnou kontrolu kvality.

Zajišťování prevence a formy jakosti je cestou neustálého shromažďování potřebných informací, prováděním vyhodnocování, stanovení jejich analýz a následném působení na výrobní proces tak, aby výsledné výstupy měly konečné požadované vlastnosti v oboru výroby, oprav a rekonstrukcí tramvajových vozidel. Je nutno si uvědomit, v jakých náročných klimatických podmínkách jsou tramvaje celoročně provozovány. Z pohledu zákazníka přibývají požadavky na jakost provedení, kvalitu jednotlivých konstrukčních celků, technologického zvládnutí výroby a hlavně životnosti celkového produktu i s jeho jednotlivými komponenty. Z těchto požadavků vyplývají jednoznačně faktory zaměřující se na odolnost skeletu tramvaje, podvozku a celé konstrukce vůči klimatickým podmínkám působícím na tyto celky s následnou možností vzniku korozního napadení se všemi aspekty, které s tímto problémem souvisí.

1.2. Klimatické a provozní podmínky

Na působení agresivity prostředí na daný materiál nebo výrobek při provozování hotového výrobku v určitých daných specifických podmínkách musíme brát zřetel při určování správné volby povrchové úpravy. S přihlédnutím na klimatickou oblast, ve které se výsledný produkt bude provozovat, rozlišujeme několik stupňů korozní agresivity atmosféry. Jsou to například oblasti s mírným, studeným nebo vlhkým tropickým klimatem.

Při určení dané klimatické oblasti a zjištění výsledného stupně agresivity atmosféry se vypracuje příslušný konečný technologický návrh opatření pro povrchové úpravy i s následným způsobem kontroly kvality povlaků. Ochranné vlastnosti a životnost organických nátěrů na ocelovém povrchu jsou ovlivňovány celou řadou vnějších faktorů. Na nátěry vystavené ve venkovní atmosféře působí déšť, sluneční záření a nečistoty. Jsou to např. oxid siřičitý obsažený často v ovzduší průmyslových oblastí nebo chlorid sodný přítomný v ovzduší přímořského prostředí či v okolí silničních komunikací. Korozní agresivitu můžeme charakterizovat úbytky hmotnosti nebo tloušťky ocelových standardů. Stejným způsobem jsou znehodnocovány tloušťky jednotlivých nátěrových systémů, kdy vlivem působení atmosféry v jednotlivých zeměpisných šířkách na čas dochází k úbytkům tloušťky těchto nátěrů.

Korozní agresivitu atmosférického prostředí ovlivňují především:

- doba ovlhčení povrchu
- koncentrace oxidu siřičitého v atmosféře
- rozsah depozice chloridů na povrchu
- teplota prostředí obklopujícího konstrukci

Pro objektivní stanovení korozní agresivity daného korozního prostředí je potřeba znát parametry ovlhčení, obsahu oxidu siřičitého, chloridů a další doplňující údaje jako je možná přítomnost kyselých, bazických či hygroskopických složek aerosolů a intenzita slunečního záření. Tyto údaje významnou mírou přispívají k volbě a specifikaci vhodného nátěrového systému pro danou konkrétní aplikaci.

1.3. Koroze

Korozi lze definovat jako destrukci kovového materiálu. Destrukce kovového materiálu může být způsobena chemickými, fyzikálními nebo fyzikálně chemickými vlivy okolního prostředí.[2] Je to samovolně probíhající proces znehodnocování materiálů vlivem okolního prostředí. Koroze materiálu má velice nepříznivý vliv na funkci všech výrobků. Protikorozní ochrana se používá k co největšímu omezení rychlosti koroze kovů. Tím je zajištěno nepřipustné zhoršování základního materiálu působením korozního prostředí a současně zajištěna co nejdelší funkce výrobku nebo předmětu. Povrchová ochrana může výrazně měnit vlastnosti povrchu a zmírnit korozní napadení základního materiálu. Při korozím napadení materiálů dochází ke zhoršení převážně mechanických vlastností kovů, jako například pevnost, pružnost, tvrdost, rovněž dochází k poškození celistvosti, k netěsnostem a perforaci. Vlivem ztráty těchto základních vlastností následuje znehodnocení vzhledu, změna jakosti povrchu a v horších případech změna tvaru. Může dojít rovněž k silnému porušení materiálu bez zjevného úbytku na jeho množství. Neméně důležitou rolí v procesu korozního napadení hraje prostředí a agresivita atmosféry ve které se daný výrobek nachází.

Pokud není koroze včas zastavena, dochází k rozpadu kovu na korozní produkty - oxidy, sírany nebo uhličitany, které jsou termodynamicky stabilnější. Rychlost koroze je kvantitativně vyjádřena jako váhové množství zoxidovaného kovu za jednotku času na jednotce povrchu.[3] Studium koroze kovů a její aplikace má zásadní vliv na životnost, jakost a kvalitu výsledných produktů. Před každou novou aplikací nátěrového systému se vyplatí provést úplný rozbor systému kov - korozní prostředí se všemi vyskytujícími faktory, které mohou děj ovlivnit. Jsou to například teplota, mechanické namáhání, čistota kovu, struktura, abrazivní vlivy a rovněž charakter povrchu, na který se následně aplikují organické povlaky na bázi nátěrových hmot. Musíme mít stále v paměti, že dokonale připravený povrch má až trojnásobnou životnost při aplikaci nátěrové hmoty než nátěr nanesený na zrezivělý nebo zaokujený povrch. Takto nepřipravený povrch je hlavní příčinou předčasného selhání ochranného systému. Korozi lze charakterizovat jako závažné destruktivní napadení materiálu způsobené jeho reakcí s okolním prostředím. Dlouhodobá potřeba zachování funkce zařízení vede ke snaze o provedení řady ochranných opatření za účelem snížení korozních ztrát na minimum. Opravy již zkorodovaných konstrukcí nebo dílů jsou nejen nákladné, ale z technologického hlediska

většinou i obtížně proveditelné, proto je důležité věnovat zvýšenou pozornost protikorozi ochraně kovů.

1.4. Rozdělení koroze kovů:

- Chemická koroze: koroze spočívá v přímé chemické reakci kovu se složkami prostředí. Při chemickém mechanismu koroze např. koroze kovů v plynech, dochází k vytvoření oxidické vrstvičky korozních zplodin na povrchu kovu jeho přímou oxidací plynným kyslíkem, přičemž rychlost koroze je dána propustností této vzniklé vrstvičky. Při teplotách nad 100 °C za nepřístupu vody dochází na vzduchu k oxidaci kovu a následnému vzniku oxidické vrstvy (na železe okuje). Tato vrstva zpravidla zůstává na povrchu kovu a za určitých podmínek může chránit kov před další oxidací.[4]
- Elektrochemická koroze: mechanismem elektrochemických reakcí korodují kovy nejčastěji v půdě v přírodních vodách a průmyslových atmosférách. Jedná se vždy o prostředí obsahující zvýšenou koncentraci vody ve formě kapalné nebo ve formě vodní páry. Podstatou je elektrochemická oxidace kovu, která je vždy doprovázena ekvivalentní redukcí jiných složek v systému. Korozi ovlivňují látky, které jsou ve vodě rozpuštěné např. soli Cl, nebo plyny O₂, CO₂.
- Fyzikální koroze: s fyzikální korozí, se lze setkat ve speciálních případech jako je rozpouštění kovů v taveninách kovů. Na rozdíl od předcházejících druhů nejde o oxidaci. Dosud neexistuje jednotící teorie, která by tento proces vystihovala.

V našem případě možného korozního napadení tramvajových konstrukcí a montážních částí se jedná převážně o korozi chemickou. Rychlost chemické reakce závisí na způsobu, jakým reakce proběhne, proto není dána pouze počátečním a konečným stavem. S úměrností koncentrací reagujících složek, které se v průběhu reakce mění, se mění i okamžitá rychlost chemické reakce. Chemická koroze je heterogenní reakce probíhající na rozhraní fází. Koroze kovů je typickým příkladem těchto reakcí, protože se jedná o chemickou reakci tuhé fáze (kovu) s fází kapalnou (různé roztoky, voda), nebo plynnou (vzduch nebo jiné plyny).

1.5. Možnosti korozního napadení

Koroze má mnoho druhů napadení rozlišujících se k závislosti na materiálu (vlastnosti, struktura, čistota a druh), na korozním prostředí, ve kterém se nachází a podmínkách, kterým je v takovémto prostředí vystaven.

- Koroze bodová: vyskytuje se převážně u snadno pasivovatelných kovů a vzniká místním poškozením pasivní vrstvy. Napadení proniká do značné hloubky daného kovu při zasažení jen malé části povrchu.
- Koroze štěrbinová: pokud jednotlivé materiály nedoléhají k sobě a je mezi nimi mezera, nabízí se velká pravděpodobnost vzniku této koroze. Kapalina, která vnikne mezi materiál je nestejnoměrně prokysličená. Na styku kapaliny s atmosférou je nasycena kyslíkem, zatím co uvnitř je kyslík oxidací železa spotřebován.[5]
- Koroze důlková: nastává převážně tehdy, když je povrch kovu pokryt vrstvou bránící korozi, která má defekty ve formě pórů, kterými mohou agresivní složky procházet. Hloubka koroze je většinou menší než šířka průměru důlku.
- Koroze skvrnitá: je charakteristická mělkými skvrnami, které se nerozšiřují do hloubky daného kovového materiálu. Při delším působení korozního prostředí vhodného k této korozi, dojde k přechodu na korozi rovnoměrnou.
- Koroze rovnoměrná: Projevuje se stejnosměrným rozpouštěním celého povrchu a umožňuje proto dobře předpovídat pravděpodobnou životnost zařízení.[6] Rovnoměrně jsou napadány kovy v případě, kdy jsou korozní zplodiny rozmístněny po celé ploše. Potom má daná koroze konstantní rychlost.
- Koroze mezikystalová: jeho vzniku dává podnět materiál s odlišným složením objemu zrna proti hranicím zrn. Projevuje se jako hustá síť trhlin, které probíhají po hranicích zrn povrchu materiálu. U korozivzdorných austenitických ocelí při ohřevu okolo teplot 500 – 800 °C má tato koroze pro svůj vznik dobré podmínky.
- Koroze atmosférická: je to v podstatě elektrochemická koroze vyvolaná vlhkostí a agresivními nečistotami v ovzduší. Atmosférická koroze je vždy doprovázena současně vznikem tuhých korozních zplodin. K technicky významné korozi dochází pouze ve vlhkých atmosférách, kde na površích kovů vznikají různými mechanismy částice elektrolytu. Proti tomuto druhu koroze lze s úspěchem aplikovat organické povlaky na bázi nátěrových hmot.

- Korozní praskání: společným působením vnitřních a vnějších tahových pnutí dochází ke vzniku dané koroze. Praskání se projevuje u čistých kovů vznikem transkrystalových i mezikrystalových trhlinek, z nichž může vznikat křehký lom. K tomuto jevu dochází převážně u uhlíkových ocelí, hliníkových, titanových a austenitických ocelí.
- Korozní únava: v korozním prostředí při cyklickém namáhání dochází k výskytu korozní únavy. V měkké, popřípadě slané vodě dochází ke snižování meze korozní únavy v poměru s mezí únavy na vzduchu.

1.6. Koroze pod organickými povlaky

Základním principem povrchové ochrany organickými povlaky a tím zároveň související antikorozní ochrana závisí na vytvoření účinné ochranné vrstvy na materiálu. Takto vytvořená ochrana chrání povrch materiálu před vodou, ionty a prostupem kyslíku. Průběh koroze kovových materiálů je ovlivněn celou řadou dalších různých faktorů: působením relativní vlhkosti vzduchu na povlak, teplotou procesu sušení naneseného filmu, typem rozptýlu polymeru, typem inhibitoru koroze nebo předběžnou úpravou povrchu materiálu. Koroze působí jednak na povlak, ale rovněž na kovový podklad opatřený nátěrovým filmem, tedy proces koroze pod ochranným povlakem.

1.6.1. Tvorba puchýřků

Pod nátěrovým filmem na kovovém podkladu může docházet ke tvorbě puchýřků, což je jednou z prvních známek porušení ochranné funkce organického povlaku. Puchýřky je možné definovat jako lokální oblast, ve které nátěrový film ztratil adhezi ke kovovému základnímu materiálu, kde se hromadí voda, a začínají probíhat následné korozní pochody. Voda působí na rozhraní povlak-podklad. Vznik puchýřů lze vysvětlit jedním ze čtyř mechanismů.

1.6.1.1. Tvorba puchýřů objemovou expanzí vzniklou bobtnáním.

Všechny organické povlaky obsahují vodu v množství 3%. V povlaku jsou rovněž obsaženy elektrolyty, kyselé i zásadité kapalné látky. Dochází-li k bobtnání z nějakého důvodu na

lokálním místě, vznikají následně puchýřky a na rozhraní kov – povlak se hromadí vodná fáze.

1.6.1.2. Osmotická tvorba puchýřků

Hnací silou pro vznik a existenci osmotických puchýřků je přítomnost rozpustné soli na fázovém rozhraní povlak-podklad. Tato rozpustná sůl může být samotnou složkou nátěrové hmoty např. pigmenty a plniva s vyšší rozpustností, nebo se může vyskytovat na povrchu kovového materiálu ještě před aplikací povlaku. Osmotický mechanismus představuje pravděpodobně nejčastější příčinu vzniku puchýřků.

1.6.1.3. Tvorba puchýřků vlivem pohlcování nebo tvorby plynu

Puchýřky mohou vzniknout v důsledku přítomnosti nebo vytvořením těkavých složek v nátěrovém filmu ve fázi jeho vzniku. Mohou to být vzduchové bublinky začleněné do filmu při přípravě, při aplikaci nebo v důsledku přítomnosti těkavých kondenzačních zplodin. Dochází k vytvoření dutin, které na rozhraní kov-povlak mohou být zdrojem vznikající koroze.

1.6.1.4. Tvorba puchýřků vlivem separací fází při tvorbě filmu

Pokud formulace nátěrové hmoty obsahuje směs více rozpouštědel, z nichž pomaleji odpařující rozpouštědlo je hydrofilní povahy, může dojít ke vzniku tohoto zvláštního typu puchýřků. Pokud je koncentrace rozpouštědla vysoká, dojde k vysrážení polymeru a bude pokryt kapalinou. Při vytěkání rozpouštědla vznikají dutiny, které jsou zdrojem puchýřků.

1.6.2. Blesková koroze

Blesková koroze je významným problémem při aplikaci vodou ředitelných nátěrových hmot při vysoké relativní vlhkosti na materiálech, které mají velmi kvalitně otryskaný povrch. Rychlému odpařování vody z nátěrové hmoty je zabráněno vysokou vlhkostí okolí a tím dochází k vymývání rozpustných solí železa do nátěrového filmu. Proti tomuto druhu koroze se účinně bráníme pomocí vhodných inhibitorů koroze, antikorozní vlastnosti pigmentů jsou v tomto případě neúčinné.

1.6.3. Nitková koroze

Je typický druh koroze probíhající pod nátěrovým filmem. Šíří se na povrchu a nepůsobí do hloubky materiálu. Tvary vláken tvořené korozními produkty jsou velmi jemné ostře ohraničené a značně rozmanité. Vlákná mohou růst značnou rychlostí až 1mm za den a četnost a rozměry jsou závislé na systému substrát-povlak, na vlhkosti a druhu nečistoty, která korozi umožňuje. Při velmi vysoké hodnotě vlhkosti nebo při expozici ve vodném prostředí, přichází nitková koroze na obecnější případ koroze a vláknitý charakter se ztrácí.[7]

1.7. Organické inhibitory koroze

Inhibitory koroze kovů jsou definovány jako chemické látky, které přidány ve vhodné koncentraci do korozního prostředí snižují svým chemickým účinkem korozní rychlost napadení kovů, aniž podstatně změní koncentraci složek prostředí nebo kterékoliv agresivní složky. Inhibitory koroze nemají za úkol úplné zastavení koroze, ale pouze její zpomalení na přijatelnější míru. Ochranu substrátu před napadením koroze během vysychání nátěrového filmu má za úkol krátkodobý inhibitor. Jsou to takzvané inhibitory bleskové koroze. U dlouhodobých inhibitorů koroze je jejich rozpustnost velmi nízká pro zamezení vypalování korozně inhibičních látek z povlaku a tím k zamezení vzniku osmotických procesů. Inhibitory koroze se mohou zúčastnit anodických nebo katodických reakcí anebo mohou tvořit ochranné vrstvy. Mohou zlepšit bariérovou funkci nátěru nebo zajistit výbornou adhezi k podkladu.[8] Podle rozdílných mechanismů ochrany rozdělujeme inhibitory na anodické, katodické a smíšené.

1.8. Organické povlaky – nátěry

Nejčastěji používaným způsobem ochrany kovů proti koroznímu napadení je aplikace organických povlaků vytvářených pomocí nátěrových hmot, které musí zároveň splňovat zásadní faktory jako je vliv na životní prostředí a ekonomiku povrchových úprav. Mezi materiály organické povahy, které jsou využívány v protikorozní ochraně patří nátěry k nejčastěji používaným druhům. Základním principem ochrany kovových materiálů je získání takového systému materiál – prostředí, při kterém by se zvyšovala jeho termodynamická stabilita a zároveň se snižovala rychlost korozního napadení a reakcí. Jsou ekonomicky přijatelné, obnovitelné a v řadě případů jsou i jediným schůdným

způsobem ochrany řady materiálů různých tvarů a rozměrů. Aplikací organických povlaků na povrch kovového předmětu je vytvořena bariéra proti působení okolního prostředí. Na celkových ochranných vlastnostech nátěru se převážně podílejí faktory představující přilnavost, tloušťku, nasákavost, propustnost pro korozní média, chemickou podstatu pojiva, inhibiční účinky pigmentů a v neposlední řadě rovněž kvalitu předpravy povrchu. Pokud pod povlakem dojde ke vzniku koroze kovového podkladu, je to následkem selhání ochranné funkce samotného povlaku za nevratných změn. Ochranné nátěry plní také estetickou funkci, tj. povrchová úprava nátěrem pomáhá dotvořit esteticky vzhled. Organický povlak nátěrové hmoty chrání povrch kovového předmětu proti korozi nejen adhezně-bariérovým mechanismem, ale i inhibičním, elektrochemickým či jejich kombinací.

Podle způsobu ochrany před korozními vlivy můžeme nátěrové systémy rozdělit do tří skupin.[9]

- Bariérová ochrana,
- Elektrochemická ochrana,
- Inhibiční ochrana.

Adhezně bariérový mechanismus ochrany se do určité míry vyskytuje u všech druhů nátěrů. Velmi důležitým aspektem ochrany nátěrů je jejich přilnavost za mokra a schopnost chránit podklad a to i v případě možných defektů jako je poškrábání. Elektrochemický mechanismus se uplatňuje převážně u antikorozních nátěrů, s vysokým obsahem zinkového prášku. Inhibiční mechanismus se projevuje u základních nátěrů obsahující antikorozní pigmenty nebo inhibičně působící sloučeniny. Dříve používané silně toxické účinné pigmenty jsou dnes nahrazeny fosforečnany, boritany, křemičitany, fosforkřemičitany, molybdenany a mnoha dalšími, které jsou netoxické.

Bariérový ochranný mechanismus - je způsob povrchové ochrany, při které nátěr (nátěrový systém) působí mechanicky. Princip založen na přítomnosti bariéry, která znemožňuje nebo zpomaluje přístup korozního prostředí k povrchu kovu. Tímto způsobem je položena mezivrstva mezi okolní prostředí a povrchově upravovaný předmět.

Ochranná účinnost povlaku trvá, pokud nedojde k poruše jeho přilnavosti. Dlouhodobá přilnavost nátěru je převážně závislá na čistotě povrchu, která je podmíněna dodržáním řádných podmínek přípravy povrchu materiálu a provádění nátěru. To znamená zajištění

bezprašného prostředí, suchý povrch a dodržování předepsané relativní vlhkosti vzduchu při aplikaci nátěru. Není to však ideální bariéra, protože povlak je propustný více či méně pro H_2O , O_2 a jiné látky.

Během expozice v korozním prostředí dochází v různé intenzitě k jejich průnikům jednak póry ve vrstvě nátěrové hmoty a takéž objemem (filmem) nátěrové hmoty. Průnik póry můžeme do značné míry omezit pečlivým dodržováním technologie nanášení a větším počtem vrstev (s každou další vrstvou nátěru klesá počet průchozích pórů asi 8x). Závislost mezi tloušťkou vrstvy a počtem průchozích pórů se ale liší podle typu nátěrové hmoty. Průnik filmem nátěrové hmoty lze zvláště pro plyny popsat klasickým mechanismem, a to že pronikající látka adsorbuje na povrchu nátěru, rozpouští se v něm a resorbuje se na druhé straně nátěru, na rozhraní nátěr - kov. Omezení prostupu filmem nátěrové hmoty lze docílit jednak volbou vhodného pojiva a nebo použitím pigmentů vhodného tvaru, např. slídy, skleněných vloček apod., které svou přítomností prodlužují difúzní dráhu, prostupujícím složkám prostředí. Antikorozní pigmenty, které jsou obsaženy v antikorozních nátěrových hmotách, působí různými mechanismy. Řada z nich vytváří prostředí, ve kterém oxidace chráněného kovu neprobíhá, jiné reakci s ním vytvářejí odolnou, inertní vrstvičku na jeho povrchu. Další reagují s korozivními škodlivinami a tím je zneškodňují.

Elektrochemická ochrana - se vysvětluje účinné působení základních nátěrů s vysokým obsahem práškového zinku, obvykle nad 85 %. Účinek se projevuje jen krátkodobě po poškození nátěru, kdy dojde ke galvanickému ochrannému působení zinku. Z dlouhodobého hlediska je významnější jeho reakce s agresivními složkami prostředí a rovněž vytváření objemných korozních produktů, utěsňujících nátěr. Potom se jedná o kombinovaný účinek bariérový.

Inhibiční ochranný účinek - je to povrchová ochrana, při které je chemickou reakcí docíleno zpomalení nebo zastavení korozních procesů. Používají se ve velké míře například fosforečnany. Při této povrchové ochraně největšího významu nabývají antikorozní anorganické pigmenty nebo organické inhibitory koroze. Rovněž také inhibiční ochrana je v praxi téměř ve všech případech spojována s ochranou bariérovou.

1.9. Vytváření ochranných nátěrů

Při provádění organických povlaků nátěrovými antikorozními nátěry jsou velmi důležité vnější podmínky, při kterých k aplikaci a zasychání NH dochází. Sledují se převážně veličiny fyzikální, jako teplota podkladu a okolního prostředí, dále relativní vlhkost vzduchu, a to nejen s ohledem na aplikační podmínky konkrétní nátěrové hmoty, ale rovněž s ohledem na možnou kondenzaci vzdušné vlhkosti na podkladu. Veškeré aplikační podmínky pro jednotlivé nátěry jsou uvedeny v technických listech daných výrobních materiálů.

Je nutné dodržet podmínky, za kterých k aplikaci dochází, ale rovněž je potřeba brát zřetel na dodržení výrobcem předepsané tloušťky nátěru, a to na všech místech podkladu. Z tohoto důvodu je obvykle provádění doplňujících nátěrů na místech, kde nátěrové hmoty vytvářejí tenčí vrstvy jako například pásové nátěry hran.

Výběr vhodného nátěrového systému je významně závislý na vstupních parametrech, jakými jsou stupeň korozní agresivity prostředí a rozhodně rovněž předpokládaná délka funkční ochrany nátěru. Mezi další z mnoha jiných faktorů, které ovlivňují výběr nátěrového systému patří např. výše finančních zdrojů.

1.10. Fyzikální zasychání

Při fyzikálním zasychání dochází k odpaření ředidel a rozpouštědel. Tímto způsobem mohou zasychat jednak nízkomolekulární látky, které se zasycháním nepřeměňují v makromolekuly, nízkomolekulární látky, jejichž polymerační stupeň dosahuje 10, a vysokomolekulární látky s vysokým stupněm polymerace.

Vypařování rozpouštědla v daném systému nátěrové hmoty probíhá ve třech fázích. V první fázi dochází k vypařování rozpouštědla z celého povrchu objemu nanesené vrstvy. Na povrchu natřené plochy se vytvoří vrstvička nasycených par rozpouštědla. V následné fázi se začne na povrchu nanesené hmoty tvořit gel. Rozpouštědlo, které se odpařuje musí překonat kromě difuzního odporu filmu i odpor nově vznikajícího gelu. Posledním a také nejdelším krokem při vypařování rozpouštědla se odpařují zbytky rozpouštědla, které jsou nejpevněji vázané s filmotvornou složkou. Při takto specifikovaných pochodech dochází k přechodu kapalného skupenství na pevné a k fixaci vnitřní struktury.

Čím delší řetězce makromolekul pojivo v systému obsahuje, tím je pevnější, ale zato ztrácí adhezi k podkladu. Pro zlepšení přilnavosti se k vysokomolekulárnímu pojivu přidávají nízkomolekulární látky.

1.11. Chemické zasychání

Při samotném chemickém zasychání nátěrového systému můžeme pozorovat značný nárůst molekulové hmotnosti. Při zasychání dochází polymerací k trojrozměrné výstavbě nátěru. Trojrozměrná struktura v nátěru zamezuje pohyblivosti molekul, tím se nátěr stává nerozpustným, tvrdším, nelze ho roztavit a ztrácí pružnost. Výrazně se zlepšuje odolnost vůči povětrnostním podmínkám ale i chemická odolnost a adheze. Zlepšení přilnavosti k podkladu může být způsobeno spojováním kovů s nátěrem pomocí karboxylových skupin, kyslíkem, sírou a jinými můstky. Reakce většinou probíhají za přítomnosti kyslíku.

Trojrozměrná struktura makromolekul vzniká těmito mechanismy:

- polymerací v oblasti nenasyčených vazeb buď přímo, nebo pomocí kyslíku
- polykondenzací, probíhající za zvýšené teploty při sušení (vypalovací hmoty)
- polyadicií.

1.12. Fyzikální a chemické zasychání

Při celkovém procesu zasychání nátěrového systému dochází nejdříve k fyzikálnímu zasychání (odpaření rozpouštědla), následně přichází na řadu chemické zasychání.

1.13. Hodnoty VOC

Již poměrně často se můžeme setkat s tabulkami s limitními hodnotami VOC pro jednotlivé typy nátěrů v gramech rozpouštědla na litr barvy. Obsah organických těkavých látek označovaný jako „VOC“ se stává stále frekventovanějším parametrem výrobku. Nepochybnou zajímavostí při stanovení VOC je, že u vodou ředitelných barev se jeho hodnota vypočte se zanedbáním přítomnosti vody, což mnoho systémů staví po stránce „škodlivosti“ na úroveň klasických rozpouštědlových barev.

1.14. Čistota povrchu před aplikací.

Životnost a doba ochranné účinnosti organických povlaků je přímo závislá na kvalitně připraveném povrchu základního materiálu před nanesením nátěrového filmu. Na kovovém základním materiálu se může vyskytovat velké množství rozpustných solí jako chlorid sodný, síran sodný, chlorid manganatý, chlorid vápenatý, dusičnan amonný a další. Značné poškození organického povlaku vzniká při zhotovení na takto kontaminovaném povrchu rozpustnými solemi. Poškození se vyznačuje vznikem puchýřků, rzi, hrbolky

nebo ztrátou přilnavosti k podkladu. Již malé množství kontaminujících látek vyvolává poškození podél hranic zrn krystalů na ocelovém povrchu a to i v případě použití otryskávání až na kov. Chloridy jsou značně nebezpečné, protože velice snadno mohou migrovat pod nátěrem za vzniku osmotického tlaku, což přispívá k difúzi vody, následnému puchýřkování a ztrátě přilnavosti nátěru. Mechanický způsob přípravy podkladového kovového materiálu pomocí otryskávání není příliš vhodný způsob pro odstranění rozpustných solí z ocelového povrchu. Chloridy kontaminující ocelový povrch základního materiálu jsou rovněž obsaženy ve rzi a mikroskopických prohlubních na povrchu kovu, které nelze odstranit ani otryskáváním. Dobrou ochranu před chloridy nám zaručuje úprava povrchu základního materiálu použitím vodního roztoku s kyselinou fosforečnou,

Otázka připravenosti a dokonalé čistoty základního materiálu je obzvlášť důležitá před aplikací nátěrů z vodou ředitelných nátěrových hmot. Vodou ředitelné materiály jsou mnohem citlivější na i nepatrné znečištění a mastnoty než nátěrové hmoty obsahující organická rozpouštědla. Již při zhotovení základního nátěru z vodou ředitelných nátěrových hmot se vyšší stupeň znečištění ocelového povrchu mastnotami negativně projeví jasně viditelnými místy nepokryté nátěrem. Nepatrné znečištění se neprojeví okamžitě, ale zakládá podmínky pro sníženou přilnavost a ta vede při vystavení účinku atmosféry k zjevnému podkorodování a ve vlhkém prostředí ke snadnému vzniku puchýřků.

1.15. Tloušťka povlaku nátěrových hmot.

Jedním z mnoha ukazatelů kvality provedené povrchové úpravy je tloušťka povlaku. Můžeme ji definovat jako vzdálenost mezi povrchem filmu a povrchem podkladu. Správná tloušťka povrchové vrstvy ovlivňuje kvalitu protikorozní ochrany výrobku nazývanou odolnost proti chemickým a mechanickým vlivům. Z měření tloušťky nátěrového systému nebo povlaku jsou prováděny další zkoušky testování kvality povlaku, jako je měření přilnavosti nátěrového systému (mřížková zkouška, odtrhová zkouška), dále zkoušky oděru nebo zkouška pórozity. Aplikace nátěrové hmoty a výsledná tloušťka přímo ovlivňuje bariérový efekt povlaku, má vliv na dokonalou celistvost, pórovitost i řadu fyzikálně mechanických vlastností.

Při nedodržení dané minimální tloušťky dochází k nízké korozní odolnosti a brzké obroušení nátěru, naopak nadměrná tloušťka povlaku způsobuje špatnou přilnavost nátěru.

1.16. Stanovení tloušťky nátěru

Tloušťku naneseného povlaku se může měřit ve dvou stádiích

- tloušťku mokré vrstvy povlaku
- tloušťku suché vrstvy je možno měřit destruktivním nebo nedestruktivním způsobem.

Pro zvolení správné vhodné metody a její následné použití je zapotřebí znát základní údaje.

- typ podkladu – podklady kovové a nekovové mají rozdílný typ měření
- typ povlaku – kovový (vodivý, nevodivý), organický (nátěry)
- tloušťku povlaku
- tloušťku podkladu
- strukturu podkladu – zejména vysoká drsnost nebo drolivý podklad
- požadovanou přesnost měření

Tloušťka mokré vrstvy povlaku

Pro danou metodu měření používáme měřicí hřeben z nerezové oceli nebo z plastu, který není napadán rozpouštědly z aplikované nátěrové hmoty. Měření poskytuje přibližné údaje o tloušťce mokré vrstvy. Vnitřní zuby hřebenu jsou postupně zkracovány. Hřeben se při měření ponoří do mokrého nátěru a tloušťka se určí podle intervalu mezi posledním zubem, který se dotknul povrchu nátěru a sousedním, který se nedotknul nátěru. Jedná se o orientační pomocné měření.

Dalším možným způsobem je měření pomocí excentrického kolečka složeného ze tří od sebe stejně vzdálených kotoučů. Středový excentrický kotouč se valí po mokrému nátěru a stanoví se bod prvního dotyku excentricky umístěného kolečka se zkoušeným materiálem.

Tloušťka suché vrstvy povlaku

- Magnetická metoda. Nedestruktivní měření tloušťky suchého filmu organických povlaků provádíme magnetickou metodou na magnetických kovových podkladech. Nátěr musí být dostatečně tvrdý tak, aby odolával následnému tlaku měřicí sondy.

Při měření pomocí magnetické indukce se měří odpor magnetického toku, který proniká aplikovaným povlakem a podkladem. Daná metoda vykazuje systematickou chybu +/- 2%.

- Metoda vířivých proudů. Měření nemagnetických podkladů provádíme

nedestruktivní metodou vířivých proudů. Měřicí sonda obsahuje cívku bez jádra a vytváří ve svém okolí elektromagnetické pole. Aplikací elektrického vodivého materiálu do blízkosti sondy vznikají vířivé proudy vytvářející elektromagnetické pole opačného směru.

- Mechanický dotykový způsob. Je to destruktivní metoda vhodná pro rovinné plochy. Před měřením je nutno přístroj kalibrovat na skleněné nulové destičce. Nejprve se měřicí čidlo umístí na povlak a změří se hodnota, následně se odstraní povlak na měřeném místě a čidlo se přiloží na očištěný povrch. Rozdíl obou hodnot je výsledná tloušťka nátěrového filmu.

2. Studium nátěrových hmot vhodných do korozního prostředí C4 – C5

2.1. Složení nátěrových hmot

Nátěrová hmota v tekutém stavu obsahuje kapalné polymerní pojivo, plniva, pigmenty a přísady upravujících její reologické vlastnosti, zasychání, zabraňujících sedimentaci a tvorbě škraloupů, pění a zlepšujících rozliv. Práškové nátěry mají složení sušiny prakticky shodné, ale hmota není kapalná. U vytvrzovacích nátěrů se kapalného nebo alespoň plastického stavu dosahuje při ohřevu během vytvrzování. Po nanesení nátěrové hmoty na daný předem technologicky připravený povrch následuje fáze, během níž z vrstvy mechanicky méně soudržné vzniká relativně kompaktní a soudržný film, který vykazuje měřitelnou soudržnost ve směru rovnoběžném i kolmém k povrchu a rovněž měřitelnou přilnavost k povrchu nebo předchozí vrstvě nátěru. Důležitou vlastností barvy je její adheze – přilnavost k povrchu předmětu, na niž je nanášena. Složení nátěrových systémů má velký vliv na jeho kvalitu a výslednou korozní odolnost. Působením vlhkosti a následné difundace do nátěru dochází k destrukci organického pojiva nátěru a je intenzivnější při spolupůsobení ultrafialového záření a teploty. Na pronikání vody do nátěru má velký vliv použité pojivo a pigment, zvláště jeho druh a struktura.

Časové rozmezí pro vznik filmu se nazývá schnutí nebo vytvrzování nátěru a dochází zde ke vzniku filmu fyzikální cestou (odpařením rozpouštědel) nebo chemickou reakcí. Ochranné vlastnosti vzniklého filmu závisí na pórovitosti, prostupnosti pro složky korozního prostředí a jeho přilnavosti k podkladu.

Email je odolná krycí nátěrová hmota. V podstatě jde o souhrnné označení každé barvy, která obsahuje pigment (je barevná) a je určená ke konečnému vrchnímu nátěru.

Nejčastěji jsou nátěrové hmoty tříděny podle pojivové báze, avšak je možné se setkat i s tříděním podle použití, použitého rozpouštědla, počtu složek apod.

2.2. Podle typu pojivové báze rozeznáváme nátěrové hmoty např:

- alkydové - pojivem jsou polyestery. Do této skupiny patří hmoty v ČR označované jako "syntetické" základní barvy nebo emaily.

- akrylátové - tyto barvy obsahují akrylátové polymery (vyrábějí se polymerací esterů kyseliny akrylové) a mohou být ředěny vodou nebo organickými rozpouštědly, záleží na způsobu výroby. Barvy ředěné rozpouštědly lépe odolávají povětrnostním vlivům.
- asfaltové - pojivem jsou přírodní a ropné asfalty, případně kamenouhelná smola (mohou se kombinovat s epoxidy a polyuretany).
- disperzní - výraz disperze se užívá jako synonymum slova rozptýl a u nátěrových hmot si tento pojem můžeme zjednodušeně vysvětlit jako rozptýl nejméně dvou látek, z nichž jedna je rozptýlená v druhé – konkrétně jde o polymer, který je rozptýlený ve vodě, a to za účasti dalších látek. Princip vytvoření krycího filmu je založen na odpařování vody, proto se výrazem disperzní obvykle obecně označují všechny barvy, které jsou ředitelné vodou.
- epoxidové - tyto barvy obsahují epoxidové pryskyřice (epoxid je ether reaktivnější než jiné ethery) a nejčastěji je známe jako dvousložkové laky nebo tmely. Aby tyto nátěrové hmoty ztvrdly, potřebují další látku – tvrdidlo nebo tužidlo. Právě tyto látky jsou toxické, samotné epoxidové barvy ne. Epoxidové pryskyřice však mají různou podobu a mohou v oblasti barev posloužit k výrobě různých hmot – například práškových nátěrových hmot, pojiv, rozpouštědel, zmíněných dvousložkových nátěrových hmot, vypalovacích laků, penetrací či vodou ředitelných barev a laků.
- chlorkaučukové - základním pojivem je chlorovaný přírodní kaučuk nebo nověji syntetický polyisopren.
- nitrocelulózové - pojivem jsou deriváty nitrátů celulózy.
- olejové - nejstarší skupina nátěrových hmot, jejichž pojivem je vysychavý rostlinný olej nebo olejopryskyřičné pojivo.
- polyuretanové - pojivem jsou pryskyřice, obsahujícími hydroxylové skupiny.
- polyesterové - pojivem těchto hmot jsou produkty reakce diolů s vícesytnými kyselinami.
- silikonové - pojivem je silikonová pryskyřice, obsahující řetězce $-O-Si-O-$.
- vinylové - na bázi polystyrenu, kopolymerů vinylchloridu a chlorovaného PVC.

2.3. Pojiva

Jsou hlavní složkou barev a v podstatě udržují pigmenty, plnidla a další látky pohromadě, aby vznikl požadovaný film. Tvoří jeho nezbytnou složku, která v zásadní míře určuje vlastnosti nátěru. Pojivo je látka organického či anorganického původu a je schopná za určitých podmínek přecházet bez významných objemových změn ze stavu plastického nebo taky viskosního do stavu pevného. Spojuje zároveň mezi sebou částice pigmentů a plniv s podkladem a tím vytváří konečný hotový nátěr. Na základě této definice jsou pojivy nejen látky vyloženě klasické (oleje, modifikované oleje, šelak) a standardní polymerní (polyakryláty, epoxidy, polyestery, polyuretany, alkydy apod.), ale i anorganické (vodní sklo, cement, vápno) a organické (asfalty, dehty).[10]

Asi největší skupinu pojiv vytváří pojiva ze syntetických pryskyřic. Tyto jsou definovány jako makromolekulární látky připravené polykondenzací a polymerací. Polykondenzace je reakční pochod, při kterých se molekuly základních jednoduchých sloučenin seskupují ve větší celky a současně vystupují z reakce nízkomolekulární látky, převážně voda. Polymerace je souhrn řetězových reakcí, při kterých molekuly jednoduché organické sloučeniny se slučují do větších celků a jejich molekulová hmotnost je násobkem hmotnosti základní jednoduché sloučeniny. V dnešní době dokážeme nahradit všechny druhy přírodních pryskyřic syntetickými a dokonce v mnohých případech mají syntetické pryskyřice velmi cenné fyzikální i chemické vlastnosti.

2.3.1. Epoxidové pryskyřice

Pod pojmem epoxidové pryskyřice jsou označovány sloučeniny, které obsahují v molekule více než jednu epoxidovou (oxiranovou) skupinu. Při vytvrzování se neodštěpují žádné vedlejší produkty a dochází pouze k nepatrnému smrštění. Vytvrzené produkty mají velmi výbornou přilnavost na kovy, sklo, keramiku, dřevo aj. Epoxidové pryskyřice mají velmi dobré chemické a elektroizolační vlastnosti v poměrně široké oblasti teplot, důležitá je i jejich značná odolnost vůči vodě, roztokům alkálií a kyselin a některým rozpouštědlům.[11] Epoxidy se řadí pro své vynikající vlastnosti k pojivům skutečně vhodným pro nátěry, které se využívají pro těžkou korozní ochranu. Dávají

nátěrům nejen vynikající adhezní a chemickou odolnost, dobrou tvrdost, ale v neposlední řadě i pružnost a houževnatost.

2.3.2. Vodou ředitelné epoxidové pryskyřice

Snižování zatížení životního prostředí organickými rozpouštědly je velice aktuální otázka a vodou ředitelné nátěrové hmoty jsou jednou z alternativ. V porovnání s běžnými rozpouštědlovými systémy je obsah těkavých organických látek podstatně nižší. Mezi nevýhody můžeme považovat v některých případech nízkou aplikační sušinu 20-30%, která poskytuje menší tloušťku zaschlého filmu. Problém může být i se skladováním, protože bod tání vody je 0° a tato skutečnost si vyžaduje vyhřívané skladiště. Epoxidové pryskyřice patří již dlouhou dobu k nepostradatelným pomocníkům pro korozní ochranu kovů, zejména pro jejich dobrou adhezi na řadu kovů a značnou odolnost vytvrzených filmů proti různým korozním prostředím i pro dobré fyzikální vlastnosti.

Vodou ředitelné pryskyřice nejsou skutečně rozpustné ve vodě, i když jsou takto mnohdy uváděny. Vodou ředitelné systémy můžeme připravit pomocí emulgátorů, přičemž vznikají zakalené emulze (disperze dvou nemísitelných kapalin). Protože některé tvrdé pryskyřice lze jen obtížně nebo je vůbec nelze dispergovat ve vodě, můžeme je předem rozpustit k tomu určených rozpouštědel nemísitelných s vodou a takto získaný roztok může být dispergován ve vodě za použití emulgátoru. V daném případě rozpouštědlo pomáhá ke koalescenci filmu.

2.3.3. Polyesterové pryskyřice

Základem jsou nenasycené polyesterové pryskyřice, které barvám dodávají požadované vlastnosti, zejména barevnou stálost při vyšších teplotách nebo při jejich častém střídání. Obvykle bývají v prášku a k nanesení potřebují speciální zařízení.

2.3.4. Polyuretanové pryskyřice

Pokud je u nátěrové hmoty přívlastek polyuretanová, znamená to, že obsahuje plasty (polymery), které díky svému specifickému uspořádání molekul dodají daným hmotám zajímavé vlastnosti. Především vysokou odolnost ke všem vnějším vlivům, proto se také tyto nátěrové hmoty používají na střechy, velmi namáhané železné konstrukce nebo na betonové plochy vystavené odírání.

Kromě pojiv, inhibičních a bariérových pigmentů tvoří nátěrovou hmotu rozpouštědla, barevné pigmenty, plniva a modifikující přísady.

2.4. Rozpouštědla

Tvoří aromatické, alifatické a hydrogenované uhlovodíky, alkoholy, estery a ketony, ve kterých se rozpouští pojivová složka, a dispergují další součásti nátěrové hmoty. Jako rozpouštědlo je mnohdy uváděna i voda, která však ve většině vodou ředitelných nátěrových hmotách tvoří spojitou fázi koloidního systému, v němž i pojivo tvoří dispergovanou složku. Účelem rozpouštědla je převést látku, která tvoří film, do formy vhodné pro vlastní použití, tj. do roztoku, přitom každý roztok obsahuje dvě složky – rozpouštědlo a rozpouštěná látka. Každá látka, která bude rozpouštět jinou látku, je nazývána rozpouštědlem. Rozpouštědlo můžeme zjednodušeně definovat jako kapalinu, pomocí které lze zpravidla pevnou látku převést do tekutého stavu. Tato definice, přestože je neúplná vyjadřuje obecnou myšlenku nejzákladnějšího použití rozpouštědel.[12] Z důvodů splnění řady požadavků při výrobě a aplikaci nátěrové hmoty musí mít jednotlivá rozpouštědla určité charakteristické vlastnosti. Mezi jedny z nejdůležitějších technologických vlastností rozpouštědel patří:

- rozpouštěcí síla
- těkavost
- stabilita
- toxicita
- hořlavost
- barva

Rozpouštěcí schopnost rozpouštědla závisí jednoznačně na působení jeho molekul a látky tvořící výsledný film. Podle složení rozeznáváme rozpouštědla jednosložková a vícesložková, která se liší jak po stránce chemického složení, tak i polaritou.

2.5. Plniva

Jsou přírodní nebo syntetické látky, jejichž primárním cílem je dosažení požadované objemové koncentrace pevných látek, tedy plniv a pigmentů v daném systému a sekundárním cílem je optimalizace určitých vlastností nebo dosažení specifických vlastností tohoto systému.[13] Od vlastností pigmentů se odlišují nižší kryvostí. Funkcí plniva je v prvním případě zpevnění struktury filmu nátěrové hmoty, dále úprava viskozity, omezení matování, úprava mechanických vlastností filmu, omezení sedimentace, zlepšení přilnavosti a mnohé další - např. dosažení vodivosti, zvýšení koeficientu tření apod. Nejčastěji se užívají různé druhy vápenců a kříd, kaolin, živce, mastek, křemelina, slídy aj. Užité vlastnosti plniva jsou dány především jeho fyzikálně chemickými vlastnostmi. Při hodnocení plniv se posuzují především velikosti částic, které mají vliv na kryvost, barevný odstín, ovlivňují lesk a konzistenci nátěrové hmoty.

2.5.1. Požadavky na plniva:

- Zvýšení podílu pevných částic (obsah sušiny nátěrového filmu). Příklad plniv zajišťuje zvýšení objemového podílu pevných částic při dosažení aplikační viskozity.
- Zvýšení adheze (přilnavosti).
- Pevnost nátěrového filmu. Zvýšení pevnosti a pružnosti dosahujeme za pomoci lamelárních nebo vláknitých plniv.
- Odolnost proti otěru. Dosahujeme za pomoci velmi tvrdých plniv.
- Snížení nasákavosti. Snížení botnatelnosti je rozhodující pro přestříkatelnost vrstev nátěru.
- Kryvost. Za pomoci jemně mletých plniv s výrazně menšími částicemi.
- Povrchové struktury. Za pomoci speciálních plniv dosahujeme povrchové efekty (perleťové pigmenty a pigmenty s kovovým vzhledem).

- Snížení hořlavosti a bodu vzplanutí. Vhodnými plnivy lze dosáhnout stavu, kdy tvorba hořlavých plynů je velmi nízká a probíhá pomaleji.
- Systémy s vysokou sušinou. Částice plniva umožňují proschnutí ochranných povlaků o vysoké tloušťce nátěrových hmot, o vysoké sušině nebo u bezrozpuštědlových nátěrových hmot.

2.6. Pigmenty

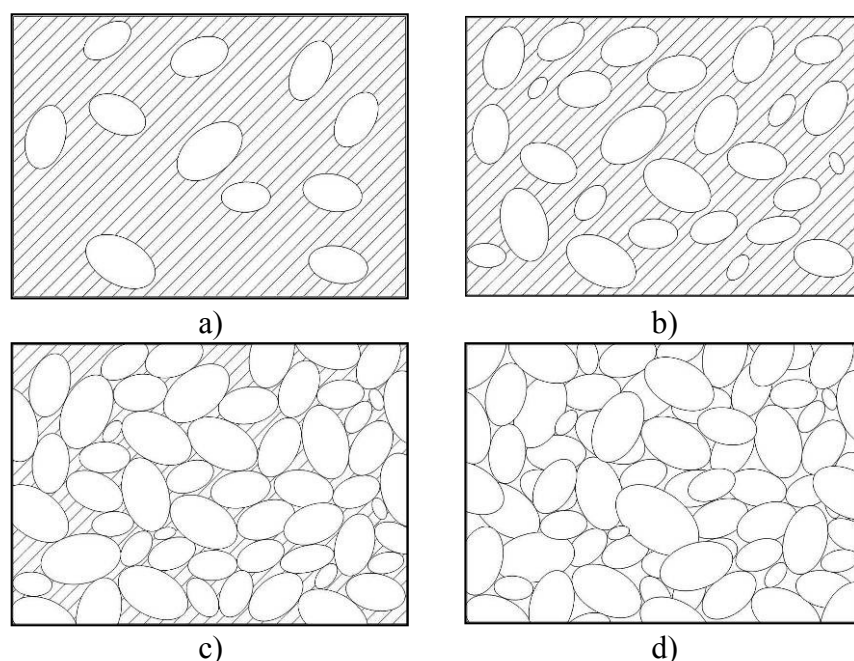
Jsou označovány práškové látky, které mají krycí a vybarvovací schopnosti po rozptýlení ve vhodném prostředí. Pigmenty jsou v pojivech dispergovány, zásadně se nerozpouštějí a z toho důvodu pojivo s aplikovaným pojivem tvoří heterogenní směs. Používají se jako součást nátěru převážně proto, aby jim dodaly neprůhlednost. Jako základní pigmenty jsou označovány ty, které mají základní funkci krycí nebo vybarvovací. Podle barevného odstínu při vybarvování se dělí na bílé a černé pigmenty (nepestře) a barevné pigmenty (pestré). Další skupinou jsou pigmenty speciální, mezi které se řadí například pigmenty keramické, smaltařské, antikorozi, lesklé a luminiscenční. Bílé pigmenty absorbují světlo jen velmi málo, protože jejich částičky jsou víceméně průhledné. Velmi důležitá je hodnota indexu lomu, protože čím vyšší hodnotu indexu lomu bílý pigment má, tím vyšší kryvost má. Kryvost nátěru se udává v m^2 kryvě natřené plochy s 1 litrem sušiny nátěrové barvy. Stoupá s OKP lineárně, následně se přírůstky snižují až při vysokých OKP dochází k poklesu kryvosti. Velice důležitou hodnotou pro formulaci ochranných filmů je hodnota KOKP. Tato hodnota ovlivňuje chování celého výsledného systému. KOKP je právě takové OKP, při kterém se velice změní výsledné vlastnosti jako je lesk, tvrdost a tvorba puchýřků.

2.6.1. Vlastnosti pigmentů

Fyzikálně- optické vlastnosti (krycí schopnost a barevnost), technologické vlastnosti (textura, dispergovatelnost) a chemické vlastnosti (obsah nečistot, reaktivita) rozhodují o konečné kvalitě daných pigmentů. Optické vlastnosti lze charakterizovat parametry jako například: barevný odstín, bělost, lesk, barvivost. Kryvost pigmentu je vlastnost zabránit průchodu světla prostředím, ve kterém je dispergován. Na pronikání vody do nátěru má velký vliv použité pojivo a pigment, zvláště jeho druh a struktura. Mezi pigmenty nejvýrazněji snižující pronikání vody patří ty, které mají lístkovou strukturu. Je to např.

hliníkový prášek nebo železitá slída. Tyto pigmenty jsou obsaženy v různých nátěrových systémech vhodných pro ochranu ocelových povrchů vystavených povětrnosti o různém stupni agresivity. Na vlastnosti výsledného povlaku má vliv ne jen konkrétní aplikovaný typ pigmentu, ale rovněž OKP. Při nízké hodnotě objemové koncentrace pigmentu je nátěr lesklý a prakticky nepropustný pro vodní páry a částice pigmentu jsou od sebe vzdáleny a prostor mezi nimi je vyplněn pojivem. Se stoupající hodnotou OKP se částice pigmentu ukládají těsněji k sobě, ale vnitřní prostory jsou i nadále vyplněny pojivem. Lesk nátěru se mění jen nepatrně, film nabývá na tvrdosti a pevnosti v tahu.

Při kritické objemové koncentraci pigmentu je množství pojiva obsažené v systému právě dostačující pro vyplnění všech prostor mezi částicemi pigmentu v povlaku. Pokud je množství pojiva vyšší než hodnota KOKP je pojivo více nahrazeno vzduchem, což má za následek zvýšení propustnosti povlaku a snížení výsledné protikorozní ochranné účinnosti. Povlak ztrácí své vlastnosti, klesá lesk, zvyšuje se propustnost pro vodní páru a dochází k podrezávání a puchýřkování nátěrů. Provedením experimentálních zkoušek bylo zjištěno, že nátěrové hmoty mající stejný poměr OKP/KOKP vykazují přibližně stejné vlastnosti. Tento poměr je označován tzv. kvocient Q.



Obr. 2.1 Prostorové uspořádání lamelárních částic plniv při zvyšování OKP nátěrového filmu

a) $OKP \ll KOKP$, b) $OKP < KOKP$, c) $OKP = KOKP$, d) $OKP \gg KOKP$ ¹¹

2.6.2. Antikorozi pigmenty

Antikorozi pigmenty jsou práškové látky, nejčastěji anorganického charakteru. Obsahují rozpustné přísady, které mohou držet stálou hodnotu pH ve vrstvě nátěru. Tyto pigmenty se po aplikaci do pojiv základních nátěrových hmot vykazují korozně - inhibiční účinky a omezují rychlost koroze kovového povrchu. Tyto pigmenty nazýváme „aktivní“ a jejich účinek závisí na reakcích v oblasti mezifázového rozhraní. Účinná ochrana kovů s přihlédnutím na největšího nepřítele – korozi vyžaduje, aby nátěry obsahovaly antikorozi pigmenty. Tyto látky pomáhají předcházet korozi zvyšováním pravděpodobnosti chemické reakce. Tato reakce může vytvořit ochranný povlak na povrchu kovu nebo jinak narušit chemickou reakci mezi korozním prostředím a kovem. Antikorozi nátěry jsou tvořeny heterogenními dvoufázovými systémy, ve kterých je nejčastěji obsaženo organické pojivo s rozptýlenou anorganickou fází. Mezi nejpoužívanější patří fosforečnan zinečnatý, fosforečnan hlinitý, molybdenanem zinečnatým a molybdenanem vápenatým. Základní nátěry s antikorozi pigmenty jsou prováděny nátěrovými hmotami, které byly specifikovány tak, aby poskytovaly maximální ochranu před korozi napadením.

Odolnost UV záření a povětrnostním vlivům je u základních nátěrů zanedbatelná. Základní nátěry je nutné nanášet v dostatečné tloušťce tak, aby po zaschnutí vytvořily nátěrový film silný minimálně 60–90 μm , nejlépe ve 2 nátěrových vrstvách.

Ochranu před UV zářením a povětrnostními vlivy a estetickou funkci zajišťuje u nátěrových systémů vrchní nátěr.

Vlastnosti základních antikorozi nátěrů a vrchních nátěrů spojují nátěrové hmoty a vytváří z nich systémy, které mají výborné ochranné antikorozi vlastnosti a současně odolávají UV záření a povětrnostním vlivům. Tyto barvy je možné použít pro základní i vrchní nátěr, vznikne tzv. jednovrstvý nátěrový systém.

2.7. Fyzikální parametry nátěrových filmů

Nalezení optimálních poměrů všech dotyčných složek u systémů pigment – pojivo je velice obtížné. Nejčastěji se používá systém tvořený kapalným pojivem, ve kterém jsou dispergovány pevné částice organických nebo anorganických pigmentů a plniv. V nátěrových systémech jsou mimo složek pojiva, rozpouštědla pigmentů a plniv vždy velice nutné přesné koncentračně závislé přísady aditiv, které uplatňují řadu vlastností výsledného filmu.

Fyzikálními parametry, ovlivňující výsledné vlastnosti nátěrových filmů, s ohledem na ochranu před korozí jsou:

- objemová koncentrace pigmentu OKP a OKOP
- hustota uskupení částic pigmentů a plniv
- celkové efekty na fázovém rozhraní částic a pojiva
- vzájemné působení mezi pigmentem, plnivem a pojivem
- chování filmu pod vlivem změn teploty

2.8. Nátěrové hmoty – rozdělení

Ředitelné vodou

Ekologický přístup k problematice povrchových úprav organickými povlaky vyžaduje snížení podílu nátěrových hmot, které obsahují těkavá organická rozpouštědla. Určitým řešením je náhrada těchto nátěrových hmot materiály vodou ředitelnými. Mohou to být prakticky jakékoliv barvy. Rychle zasychají, lze je dobře ředit a roztírat, nejsou toxické, nezapáchají, jsou šetrné k životnímu prostředí a veškeré natěračské pomůcky je možné snadno vyčistit. Setkáváme se i s výrazem disperzní.

Syntetické

U nátěrových systémů lze přívlastek syntetické rozumět jako uměle vzniklé, ale také jako vzniklé syntézou – tedy podle postupu, kterým byla barva vyrobena. Skupina syntetických barev je široká a spadají do ní například skupiny barev alkydových, epoxidových, akrylátových i polyesterových a podobně. Syntetické mohou být laky pro vnitřní i vnější použití, antikoroční barvy i vrchní emaily.

2.9. Syntetické nátěrové hmoty

V těchto nátěrových hmotách jsou použity jako pojivo pryskyřice rozpuštěné v organických rozpouštědlech. Proto se také pro tyto nátěrové hmoty někdy používá název rozpouštědlové. Jednou z jejich hlavních výhod je, že mají podstatně velkou odolnost vůči poškození v porovnání s vodou ředitelnými nátěry. Vhodné jsou tedy hlavně do

exteriéru, na místa vystavená rozmarům počasí. K jejich ředění a mytí nástrojů se používají ředidla. U syntetických nátěrových hmot musíme například před nanášením stříkáním ředit více než u ručního nanášení a to přidáním 15 až 25 % ředidla. Tyto barvy z trhu vytlačily kdysi oblíbené olejové barvy, kde jako pojivo sloužily vysychavé oleje, které ovšem dlouho zasychaly. Mezi hlavní úskalí syntetických nátěrových hmot je jejich nepříznivý vliv na životní prostředí a zdraví lidí. Při uvolňování organických těkavých látek z nátěrového povlaku dochází vlivem ultrafialového záření k jejich rozkladu. Rozštěpené molekuly těchto látek jsou velmi reaktivní a snadno reagují s průmyslovými exhalacemi a výfukovými plyny. Produkty takovýchto chemických reakcí nepříznivě ovlivňují nejbližší okolí a prokazatelně poškozují zdraví pracovníků vystavených těmto emisím.

2.9.1. Syntetické základní barvy

Základní syntetické nátěrové hmoty jsou určeny k základním antikorozním nátěrům pro vnitřní, ale převážně pro vnější prostředí, zejména pod syntetické a na vzduchu schnoucí nátěrové hmoty. Daný systém je složen z disperze pigmentů a plnidel v roztoku alkydové pryskyřice a speciální pryskyřice urychlující zasychání v organickém rozpouštědle s přísadou sušidel a aditiv. Využíváme je k nátěrům např. ocelových a plechových konstrukcí, strojů, dále je možno využít k základním antikorozním nátěrům hliníku, mosazi, zinku apod.

2.9.2. Syntetické emaily

Systém se skládá z disperze anorganických a organických pigmentů v roztoku alkydových pryskyřic v organických rozpouštědlech. Jejich využití je zejména k vrchním lesklým nátěrům průmyslových výrobků, konstrukcí, strojů, automobilů a různých zařízení z kovů, dřeva a jiných materiálů. Nátěry jsou odolné povětrnostním vlivům. Nejsou ale určeny k nátěrům, které přicházejí do přímého styku s potravinami, pitnou vodou nebo krmivy.

2.9.3. Jednovrstvé syntetické emaily a barvy

Disperze pigmentů a plnidel v roztoku alkydové pryskyřice v organických rozpouštědlech s přísadou sušidel. Nátěrová hmota je určena k zhotovení jednovrstvých nátěrů pro vnitřní i venkovní použití.

2.9.4. Syntetický email vypalovací

Tento systém je určen k nátěrům kovů, výrobků z některých plastů, dřevovláknitých desek apod. materiálů, které snesou vypalování do 110°C, např. automobilové karoserie, šicí stroje, psací a počítačové stroje, jízdní kola, ledničky apod.

2.10. Vodou ředitelné nátěrové hmoty

Jsou složené z pigmentů a plniv ve vodní disperzi a můžeme se setkat s názvem disperzní. Pokud jsou určené na kov, obsahují navíc antikorozi pigmenty a inhibitory zastavující korozi. Současný trend v oblasti povrchové ochrany převážně oceli, jde cestou snížení emisí škodlivých materiálů. To jsou zejména aromatické uhlovodíky, které jsou hlavní součástí ředidel a rozpouštědel v ředitelových nátěrových hmotách. Nejlepší a nejvýhodnější řešení představují vodou ředitelné nátěrové hmoty. Toto řešení není ale zdaleka absolutní a ředitelové materiály mají v některých oblastech povrchových ochrany a úprav stále svoje nezastupitelné místo. Stejně jako klasické nátěrové hmoty lze i vodou ředitelné hmoty rozdělit podle různých kritérií. Jedním z hlavních měřítek je druh pojiva a druhým pak základní složení plniva a pigmentů. Druhé měřítko určuje použití jako základního nebo jako vrchního nátěru. Ochranná účinnost převážně vysoko sušinových ředitelových materiálů je prozatím pro vodou ředitelné systémy nedosažitelná. Nasazení vodou ředitelných materiálů ztěžuje skutečnost na větší požadavek důkladné předúpravy povrchu a pochopitelně téměř dokonalé odmaštění.

Nátěry z vodou ředitelných nátěrových hmot účinně ochraňují antikorozi pigmenty a případně též organické inhibitory koroze, které samotné nebo kombinací účinných pigmentů a inhibitorů koroze plně zabezpečí uplatnění inhibičního mechanismu ochrany. Ochranné vlastnosti akrylátových nátěrů z vodou ředitelných nátěrových hmot lze výrazně zvýšit přidáním silanů zabezpečujících dobré spojení mezi povlakem a povrchem kovu. U základních nátěrů z vodou ředitelných nátěrových hmot se jako antikorozi pigmenty používají fosforečnan zinečnatý, boritanové pigmenty a pigmenty obsahující molybdenanovou složku. Vhodnější pro vodou ředitelné nátěrové hmoty je molybdenan vápenatý, pro rozpouštědlové epoxidové a alkydové nátěrové hmoty je to molybdenan zinečnatý.

V současné době přetrvává mnohdy určitá nedůvěra k vodou ředitelným nátěrovým hmotám z obavy před vznikem „bleskové koroze“. Ta vzniká po použití mokrého čištění a odmaštění povrchu kovu při následném osychání. Proto se doporučuje provést základní nátěr co nejdříve po odmaštění podkladu. Do odmašťovacích přípravků jsou vesměs již vždy přidávány inhibitory koroze, které vznik bleskové koroze zastaví nebo omezí. Rovněž složení vodou ředitelných antikorozních nátěrových hmot jsou formulovány tak, že kromě antikorozních pigmentů obsahují rovněž inhibitory koroze, které brání vzniku elektrochemické koroze v průběhu zasychání nátěrového filmu. Z tohoto důvodu je nedůvěra ve schopnosti a vlastnosti vodou ředitelných antikorozních nátěrových hmot, vycházející z obsahu vody v těchto hmotách, neopodstatněna. Popularita používání antikorozních nátěrových hmot ředitelných vodou naopak stále roste, především díky jednoduchosti aplikace a rovněž následné snadné očiště pomůcek.

Vodou ředitelné nátěrové hmoty se vyrábějí jak pro vnější, tak i vnitřní prostředí, lze je použít k nátěrům

- dřeva, dřevovláknitých a dřevotřískových desek,
- oceli opatřené základním nátěrem,
- pozinkovaných a hliníkových plechů,
- betonu, eternitu, zdiva a podobně.

Snižují také riziko vzniku požáru, a to při práci i skladování. Pozor ovšem na jejich skladování při nízkých teplotách.

2.11. Srovnání vodou ředitelné a syntetické nátěrové hmoty

Pokud by jsme provedli nátěry základního materiálu s vodou ředitelnými barvami a barvami rozpouštědlovými a měly by srovnatelné technické parametry, pak existují minimálně tři důvody proč upřednostnit vodou ředitelné nátěrové hmoty:

- Snížení emisí rozpouštědel.
- Snížení rizika poškození zdraví pracovníků při práci a snížení nákladů na vybavení a provoz stříkacích linek.
- Minimalizace rizika výbuchu nebo požáru.

Tyto poměrně značné výhody většinou zcela kompenzují vyšší cenu vodou ředitelných nátěrových hmot.

V současné době je žádoucí hledat možnosti širšího uplatnění nátěrů z vodou ředitelných nátěrových hmot při ochraně kovových povrchů vystavených atmosférickým vlivům, zejména pro zvýšené požadavky na snížení obsahu VOC organických rozpouštědel v nátěrových systémech. Rozpouštědlové nátěry se mnohdy ještě stále vyznačují vyšší odolností při ochraně kovových povrchů vystavených horším atmosférickým vlivům, než vodou ředitelné systémy. Jedním z plně nezvládnutelných problémů při aplikaci vodou ředitelných nátěrových hmot na bázi disperzních pojiv je skutečnost, že povrch je sice velmi rychle zaschlý, ale potřebuje delší časové období na dokončení vnitřních pochodů, než je tomu v případě nátěrů z rozpouštědlových nátěrových hmot. Z tohoto důvodu existuje určité řešení a to možnost kombinace rozpouštědlového základního nátěru, který není tak citlivý na nepatrné zamaštění natíraného povrchu, s vrchními vrstvami z vodou ředitelných disperzních nátěrových hmot. Tato kombinace nevykazuje žádné problémy při hodnocení z hlediska kvality. Zato opačný postup kombinace základního nátěru z vodou ředitelné nátěrové hmoty a vrchního rozpouštědlového alkydového nátěru nepřichází v úvahu. Po aplikaci vrchního nátěru dochází k jeho značnému rozpraskání a povlak je zdegradován.

3. Návrh metodiky experimentálních prací

Metodika experimentální části si klade za cíl zjištění nejvhodnější možné aplikace dvou rozdílných nátěrových systémů na základní kovový podklad. Nátěrový film bude tvořen jednak vodou ředitelnou nátěrovou hmotou v porovnání s rozpouštědlovou syntetickou nátěrovou hmotou. Tyto dva nátěrové systémy se liší jednak svým rozdílným složením a rovněž technickými parametry nanášení v daném prostředí za určitých podmínek. Experimentální práce simulují skutečné výrobní podmínky a jednotlivé možné stavy a varianty přípravy základního materiálu před aplikací nátěrem, metodiku a technologii nanášení základního a následně i vrchního nátěru. V poslední řadě se jedná o technologických možnostech zasychání a zároveň vytvrzování těchto dvou rozdílných nátěrových látek. Při samotné přípravě podkladového materiálu, aplikaci nátěrového systému a následném zasychání finálního nátěru je bezpodmínečně zapotřebí dodržovat předepsanou technologickou kázeň. Ve výrobním prostředí je tato otázka mnohdy podceňována a výsledkem mohou být různé následné vady projevující se okamžitě po zhotovení ochranné vrstvy nátěru, nebo s odstupem času ve formě korozního napadení v různých možných variantách. Experimentální vzorky jednotlivých nátěrů byly následně podrobeny vyhodnocení na základě přímých a nepřímých korozních zkoušek. Vyhodnocením se prokázaly jednotlivé možné chyby při přípravě materiálu, aplikaci či vytvrzování, jak vodou ředitelného, tak rozpouštědlového syntetického povlaku. Tyto jednotlivé stavy mohou nastat při skutečném výrobním procesu.

3.1. Příprava zkušebních vzorků

Jako podkladový materiál byly na zkušební vzorky použity ocelové panely třídy 11 523.1 (EN 10025-90) o rozměrech 100 x 150 x 1,5 mm. Na tyto panely byly nanесeny pomocí stříkací pistole čtyři vytypované a specifikované nátěrové hmoty. Dané nátěrové hmoty jsou běžně používány ve výrobním procesu, kde plní funkci základní a finální antikorozní ochrany za pomoci organických nátěrových systémů. Každý jednotlivý druh nátěrového systému byl nanесen na šesti ocelových panelech, na kterých byly simulovány tři možné rozdílné technologické varianty sušení a zároveň vytvrzování nanесeného nátěrového filmu.

Každá technologická varianta obsahovala tedy dva ocelové panely na kterých byl nátěrový film nanесen v rozdílných tloušťkách pro získání většího zkušebního rozsahu o kvalitě,

jakosti a antikorozní ochraně daného nátěrového systému za daných výrobně podložených podmínek. Každý jednotlivý vzorek byl pro absolutní přehlednost systematicky označen. Pro odstranění organických nečistot pomocí buničiny u vybraných vzorků bylo provedeno odmaštění slabě alkalickým odmašťovacím přípravkem s inhibítorem koroze vyráběným pod obchodním názvem Star 75 PNP. Následně byly povrchy vzorku plechu tryskány v tryskacím boxu za pomoci ostrohranné ocelové drtě GH 25 (dle ČSN GA 10) o tvrdosti 800-950 HV. Čistota povrchu provedena dle ČSN ISO 8501-2 na Sa 2,5 (velmi důkladné tryskání). Samotná aplikace nátěru byla provedena pomocí tlakové stříkací pistole. Na zkušebních vzorcích, u kterých byl použit základní nátěr, byla první vrstva aplikována v minimální tloušťce 60 µm. Po dostatečném zaschnutí první vrstvy nátěrového filmu bylo vykonáno měření tloušťky nátěru pomocí digitálního tloušťkoměru na několika místech vzorku. Následně byla nanесena druhá vrstva vrchního finálního nátěru. Na technologii zasychání a vytvrzování nátěrového filmu byly použity tři možné varianty, za kterých může probíhat tento technologický proces.

První varianta obnášela sušení nanесeného nátěrového filmu při teplotě 19°C při vlhkosti prostředí 45%, druhá varianta byla sušení v sušícím boxu při teplotě 28°C, při vlhkosti prostředí 30% po dobu tří hodin a dosušení při 20°C. A poslední třetí varianta probíhala sušením v peci při 60°C, vlhkosti prostředí 10% po dobu 30 minut.

Po celkovém zaschnutí a vytvrnutí nátěrového filmu, které trvalo 30 dnů, byly řádně označené vzorky ocelových panelů opatřeny na zadní straně a na hranách těsnící lepicí páskou, aby korozní prostředí na nátěr nepůsobilo z nežádoucích směrů. V dolní polovině vzorků byl proveden zkušební řez v délce 80mm, který zasahoval až na podkladový kov. Tím byly panely připraveny pro korozní zkoušky v solné komoře. Pro tuto zkoušku bylo připraveno celkem 24 vzorků ve čtyřech modifikacích vrchních nátěrů a třech variantách, za kterých může probíhat tento technologický proces zasychání a vytvrzování nátěrového filmu na základním materiálu po nanесení organické vrstvy nátěru.

Pro stanovení adheze byl připraven stejný počet vzorků ve stejných provedeníh.

	Sušení při 19°C, tloušťka nátěru 80 µm	Sušení při 19°C, tloušťka nátěru 120 µm	Sušení při 28°C, tloušťka nátěru 80 µm
První modifikace	1/1	2/1	3/1
Druhá modifikace	7/2	8/2	9/2
Třetí modifikace	13/3	14/3	15/3
Čtvrtá modifikace	19/4	20/4	21/4

Tabulka 3.1 Číslování jednotlivých vzorku

	Sušení při 28°C, tloušťka nátěru 120 µm	Sušení při 60°C, tloušťka nátěru 80 µm	Sušení při 60°C, tloušťka nátěru 120 µm
První modifikace	4/1	5/1	6/1
Druhá modifikace	10/2	11/2	12/2
Třetí modifikace	16/3	17/3	18/3
Čtvrtá modifikace	22/4	23/4	24/4

Tabulka 3.2 Číslování jednotlivých vzorku

3.2. Specifikace přípravy základního materiálu před aplikací nátěrem

Použité nátěrové hmoty

Specifikace první testované modifikace

Jednovrstvá vodou ředitelná dvousložková epoxidová barva weco-FAN-EP-2K barva s vysokým obsahem zinku matná

Identifikace 42601013939

Výrobce WECKERLE

weco-FAN-EP-Härter tužidlo

identifikace 40960660000

výrobce WECKERLE

Vodou ředitelný akrylát weco-FAN- Decklak RAL 6018

Identifikace 42102076018

výrobce WECKERLE

Specifikace druhé testované modifikace

Vodou ředitelný weco-FAN- jednovrstvý NH RAL 7022

Identifikace 41101880722

výrobce WECKERLE

Specifikace třetí testované modifikace

Jednovrstvá epoxidová dvousložková barva weco-POX-2K-Grundierung jednovrstvá barva RAL 1002 matná

Identifikace 14601130102

výrobce WECKERLE

weco-POX-Harter tužidlo

identifikace 14940260000

výrobce WECKERLE

weco-POX-Verdunnung ředidlo

identifikace 10000000069

výrobce WECKERLE

Alkid email S 2029 syntetický rychleschnoucí lesklý

Identifikace 25003917

výrobce BALAK a.s.

ředidlo S 6001

Identifikace S 6001

výrobce BALAK a.s.

Specifikace čtvrté testované modifikace

Ferro Color alkyduretán U 2006 syntetická barva

Identifikace 11090500010

výrobce CHEMOLAK

ředidlo Synred S 6001

identifikace 10000000021

výrobce CHEMOLAK

3.3. Příprava nátěrových hmot

Pro přípravu první testované modifikace vzorku byla použita vodou ředitelná základní barva weco-FAN-EP-2K s vysokým obsahem zinku. Tato barva je specifikována pro nátěr kovových povrchů a před samotným nanášením se tuží s weco tužidlem v poměru 4:1 váhových dílů. Doba zpracovatelnosti natužené směsi je 4 hodiny. Na základní nátěr je aplikována vrchní vodou ředitelná barva weco – FAN Decklak RAL 6018.

Na druhou modifikaci nátěru byl použit vodou ředitelný weco - FAN- jednovrstvý NH s dobrou ochranou proti korozi a přilnavosti na ocel.

Třetí modifikace nátěru je tvořen základní epoxidovou dvousložkovou barvou weco-POX-2K-Grundierung RAL 1002 matná ve směsi s tužidlem weco-POX-Harter. Poměr tužení je 5:1 váhových dílů. Doba zpracovatelnosti dané směsi je 8 hodin. Vrchní nátěr je tvořen emailem S 2029 syntetickým, rychleschnoucím, lesklým.

Na přípravu čtvrté modifikace byla použita syntetická barva Ferro Color alkyduretán U 2006. Tento typ barvy je jednovrstvý s antikorozi ochranou a slouží současně jako základový i vrchní nátěr. Pro ředění se používá ředidlo Synred S 6001.

3.4. Použité přístroje a vybavení

Plošinová váha SOEHNLE řady 2880 s indikátorem S 30 provedení EX (Německo), digitální měřicí přístroj tloušťky povlaku PHYNIX verze FN 2.2 (Německo), řezací nůž pro stanovení přilnavosti fy Byk Gardner, stříkací box CALATEK (ČR), korozní komora se solnou mlhou, Bauneihe SKB 400 A-TR, Německo.

3.5. Metodika experimentálních prací

3.6. Zkušební postupy hodnocení nátěrových hmot na základě nepřímých korozních zkoušek

Fyzikálně-mechanické zkoušky se netýkají hodnocení viditelných korozních změn vzniklých přímo následkem korozního testu, nýbrž jde o veličiny související například s destrukcí pojiva, nedokonalou přípravou podkladového materiálu nebo technologickou

nekázní. Tyto zkoušky jsou nezbytnou součástí testu nátěrových hmot, neboť poskytují doplňující informace o možném mechanismu ochranného působení nátěrů.

3.6.1. Stanovení adheze, stupně přilnavosti nátěru

Přilnavost nátěru k základnímu kovovému povrchu je významným faktorem z řady parametrů, které rozhodují o jeho dlouhodobé životnosti a průběhu koroze na rozhraní nátěr-povrch základního kovového materiálu. Je známo, že nátěry neposkytují plný bariérový účinek pro pronikání částecek vody skrz aplikovaný nátěrový film. Vliv těchto vodních částic na přilnavost nátěru lze však ovlivnit volbou vhodného základního materiálu, který má dobrou přilnavost k danému kovovému povrchu a další vrstvy nátěru, které se ze základní vrstvou dobře vážou. Nejčastěji používanou zkouškou přilnavosti je mřížková zkouška, odtrhová zkouška a zkouška X-řezem. Odtrhová zkouška se provádí pro zjištění přilnavosti nátěrů o vyšších tloušťkách nad 250 μ m. Stanovování přilnavosti neboli adheze nátěru k základnímu kovovému povrchu patří mezi destruktivní metody zkoušení .

3.6.2. Mřížková zkouška

Stanovení bylo prováděno dle ČSN EN ISO 2409. Na podkladový materiál tvořený z ocelových panelů se speciálním nožem s břity o rozestupu 2 mm vyřízly na sebe kolmé řezy, tvořící mřížku. Podle specifikace nátěru v místě překřížení drážek a srovnáním s danou předlohou byly vytvořené mřížky hodnoceny stupnicí 0 až 5 na základě standardů, přičemž na tvrdých podkladech se hodnotí až po odtrhu lepící průhlednou páskou s definovanou lepivostí.

Stupeň 0: Okraje mřížky jsou hladké, žádná část mřížky nejeví stopy odlupování.

Stupeň 1: Okraje jeví nepatrné poškození v místech, kde se drážky protínají. Poškozená plocha nepřesahuje 5 %.

Stupeň 2: Nátěr je nepatrně poškozen podél řezu a při jejich křížení. Povrch mřížky může být poškozen o více než 5 % a méně než 15 % plochy.

Stupeň 3: Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran, částečně nebo celý na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15%, ale

menší než 35 % celkové plochy.

Stupeň 4: Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Celková plocha poškození je mezi 35% až 65 %.

Stupeň 5: Větší poškození než u stupně 4



Obr.3.1 Sada nožů pro stanovení přilnavosti nátěru.

3.6.3. Stanovení tloušťky nátěrů

Tloušťky provedených finálních nátěrů na jednotlivých zkušebních panelech v zaschlém stavu byly změřeny na několika místech pomocí digitálního měřicího přístroje tloušťky povlaku PHYNIX version FN 2.2. dle ISO 2808. Měření bylo provedeno u každého jednotlivého vzorku pětkrát a hodnoty byly zprůměrovány.

3.7. Zkušební postupy hodnocení nátěrových hmot na základě přímých korozních zkoušek

3.8. Metody urychlených korozních zkoušek nátěrových hmot

Urychlené korozní zkoušky jsou založeny na expozici zkušebních vzorků v uměle vytvořených přírodních podmínkách, které mohou působit na finální nátěrový film a chráněný kov a napomáhají odhalovat případné nedostatky, možný rozsah koroze a

ochranné vlastnosti nátěrů. Zkoušky se provádí ve speciálně k tomu určených komorách, ve kterých je možné dosáhnout homogenního prostředí. Dané prostředí se monitoruje a podle potřeb se musí dát změnit. Voda, srážející se na stěnách komory, nesmí kapat na vzorky. Nedoporučuje se používat tutéž komoru pro zkoušení různých korozních činidel. [14] Vzorky musí být před zkoušením označeny tak, aby značení bylo čitelné i po vykonání zkoušky. Vzorky si v komoře nesmí nijak stínit, nebo si nějakým způsobem navzájem ovlivňovat působení prostředí.

Doba zkoušky se volí podle předem stanoveného účelu. Měření probíhá od okamžiku, kdy prostředí v komoře dosáhlo předepsaných hodnot. Časová prodleva vzniklá kontrolou zkušebních vzorků během zkoušky se do celkového času nezapočítává. Na základě výsledků těchto korozních zkoušek můžeme provádět porovnávání jednotlivých nátěrových systémů vzájemně mezi sebou. Tyto zkoušky ovšem nemůžeme brát jako stěžejní, i když zajišťují působení několika možných faktorů, protože v reálných podmínkách při atmosférickém působení jsou korozní děje ovlivňovány množstvím dalších ne vždy předvídatelných dějů.

3.8.1. Zrychlená korozní zkouška za přítomnosti soli s kondenzací vodní páry

Zkouška solnou mlhou poskytuje dobré výsledky pro hodnocení organických nátěrů vystavených mořskému prostředí a rovněž v našich podmínkách pro ochranu povrchů kovových konstrukcí a kovových materiálů nacházejících se v blízkosti silničních tahů, kde se v zimním období používají posypové soli.

Samotná zkouška byla provedena podle normy ČSN ISO 9227. Tato norma stanoví přístroje, chemikálie a postup pro dané zkoušky. Zkouška představuje kombinaci kondenzace vody a elektrolytu. Vzorky vystaveny cyklickému působení 5% nímú roztoku NaCl při teplotě 35 °C. Zkušební komora pracuje v 12ti hodinovém cyklu. Vzorky byly střídavě vystaveny kondenzací solné mlhy působící 6 hodin, následují 4 hodiny kondenzace destilované vody při teplotě 40 °C a 2 hodiny osychání při okolní teplotě 23 °C. Vzorky nátěrových filmů byly vyhodnocovány po 768 hodinách expozice.

3.9. Metody hodnocení koroze při zrychlených korozních zkouškách

Při vyhodnocování korozních projevů po expozici uvedenými korozními zkouškami bylo postupováno podle subjektivních metod, které jsou založeny na principu porovnání podle předloh daných standardů ASTM. Po expozici vzorků v simulovaném korozním prostředí byly ocelové panely po dobu 36 hodin ponořeny v roztoku acetonu a hydroxidu sodného pro usnadnění následného odstranění nátěrového filmu z povrchu ocelového panelu. Po odstranění filmu škrabkou byl povrch odmaštěn a omyt vodou.

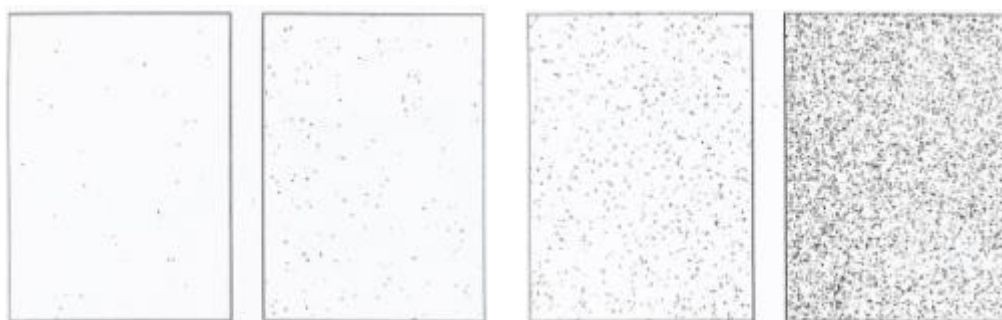
Po nanesení bezbarvého laku na takto upravené ocelové plechy a jeho zaschnutí bylo provedeno hodnocení jednotlivých nátěrů.

3.9.1. Metoda pro hodnocení stupně tvorby puchýřků v nátěru

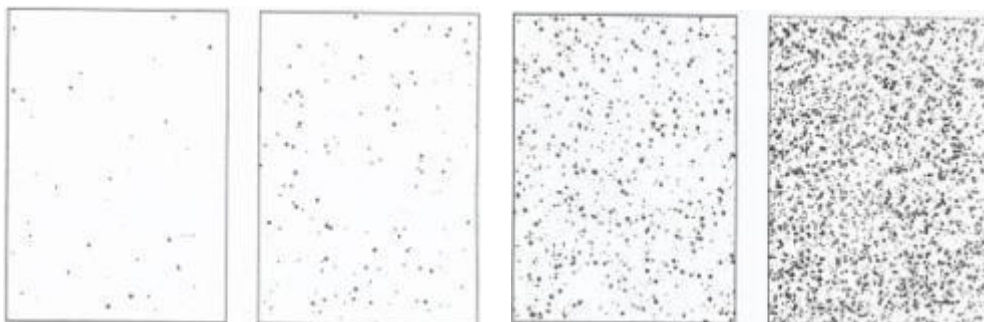
Po ukončení expozice v simulovaných podmínkách byly touto metodou vyhodnocovány dané vzorky. Experimentálně získané výsledky byly porovnány s tištěnými obrázkovými vzory, které jsou součástí norem ASTM D 1654-92. Velikost a četnost puchýřů je v metodě rozdělena do několika skupin, které jsou klasifikovány čísly 2, 4, 6 a 8, kde puchýřky označené číslem 8 jsou nejmenší, číslem 2 největší. Následuje přidělení písmena k číslu popisující velikost, které určuje hustotu puchýřků na vzorku. Písmenu F (few), přináleží nejmenší hustota puchýřků, vyšší hustota se značí písmenem M (medium), následuje MD (medium dens) a nejvyšší hustotě patří písmeno D (dens). Firmou Heubach byla ve stupnici k tvorbě puchýřků přidělena číselná hodnota (tabulka 3.3).

Obr. 3.2. Obrázkové standardy pro hodnocení množství a velikosti puchýřků v nátěru dle ČSN EN ISO 4628-2

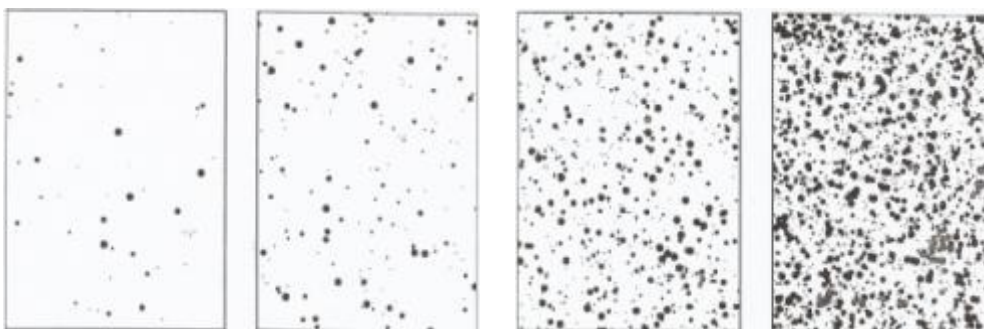
Puchýřky velikosti 2



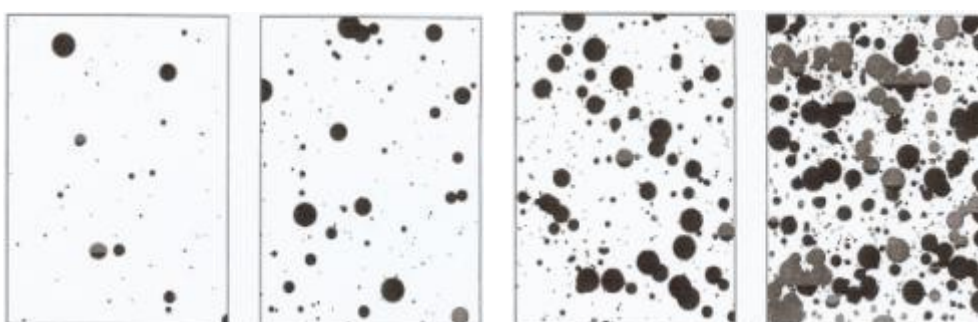
Puchýřky velikosti3



Puchýřky velikosti 4



Puchýřky velikosti5



Tabulka 3.3 Převodní tabulka hodnocení stupně puchýřkování dle daných kritérií.

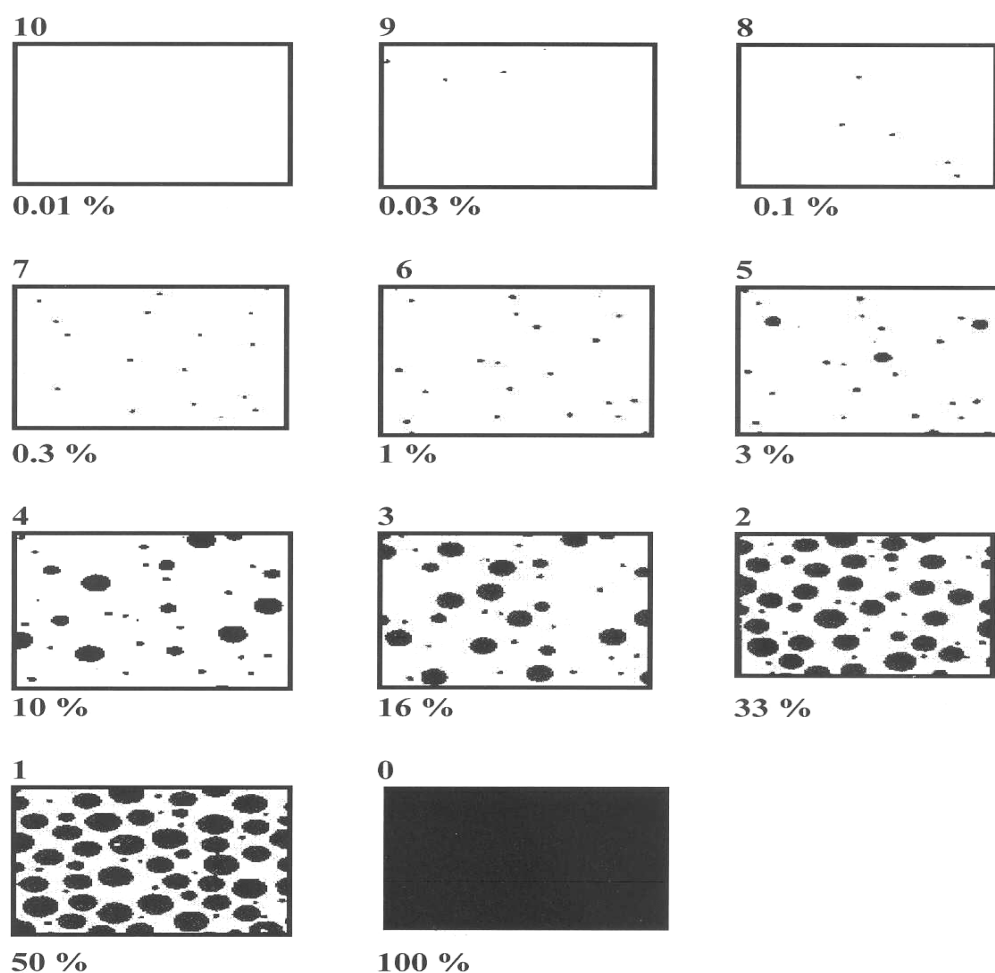
ČSN EN ISO 4628-2	ASTM D 714	Heubach
2-2(S2)	8F(Few)	75
3-3(S2)	8M(Medium)	55
4-4(S2)	8MD(Medium Dense)	35
5-5(S2)	8D(Dense)	15
2-2(S3)	6F(Few)	70
3-3(S3)	6M(Medium)	50
4-4(S3)	6MD(Medium Dense)	30
5-5(S3)	6D(Dense)	10
2-2(S4)	4F(Few)	65
3-3(S4)	4M(Medium)	45
4-4(S4)	4MD(Medium Dense)	25
5-5(S4)	4D(Dense)	5
2-2(S5)	2F(Few)	60
3-3(S5)	2M(Medium)	40
4-4(S5)	2MD(Medium Dense)	20
5-5(S5)	2D(Dense)	0

3.9.2. Vyhodnocování koroze v řezu dle ASTM 1654-92

Při této metodě hodnotíme rozsah koroze podél řezu u daného finálního nátěru a rozsah podkorodování v jeho blízkém okolí. Po vyhodnocení tvorby puchýřků a sejmutí nátěrového filmu pomocí roztoku acetonu a hydroxidu sodného, následného odmaštění a omytí ocelových panelů destilovanou vodou mohlo dojít k hodnocení selhání na řezu. Tato zkouška nám poodhaluje schopnost ochrany organického povlaku bránit šíření koroze pod samotným nátěrem od místa mechanického poškození dále po povrchu základního materiálu. Pravítkem bylo na 10 místech v okolí řezu změřeno, jak daleko od řezu se rozšířila koroze pod nátěrem. Hodnocení spočívá v zjišťování vzdálenosti proniknutí koroze od řezu. Určené vzdálenosti jsou uvedené v (mm) a ve stupnici jim přináleží číselná hodnota (tabulka 3.4).

3.9.3. Metoda pro vyhodnocování stupně koroze v ploše podkladu dle ASTM D 610-85

Danou metodou vyhodnocujeme rozsah koroze v ploše pod nátěrem. Experimentálně získané poznatky byly subjektivně porovnány se standardy, které představují obrázkovou předlohu s různými stupni koroze na podkladovém materiálu uvedené v procentech plochy. Podle stupnice ASTM danému procentu zkorodované plochy odpovídá číslo od 1 do 10, (obrázek 3.1). Číslo 1 znamená 50% korozi a poslední číslo 10 určuje nulovou neboli žádnou korozi podkladového materiálu. Každému údaji byla opět přiřazena příslušná číselná hodnota ve stupnici firmy Heubach (tabulka 3.4).



Obr. 3.3. Předloha k posouzení stupně koroze v podkladu podle ASTM D 610-85

3.10. Celkové hodnocení korozních zkoušek

Kombinací výsledků metod vyhodnocení korozních zkoušek můžeme dostat celkovou antikorozi účinnost nátěrového systému vyjádřenou v %. Celkové výsledky jednotlivých kombinací je vyhodnoceno dle německé metody Heubach. Celková antikorozi účinnost A pro korozní zkoušky v komoře se solnou mlhou je

$$A = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

Acelková antikorozi účinnost

A₁číselná hodnota popisující stupeň puchýřů v podkladu

A₂hodnota popisující stupeň koroze v řezu

A₃hodnota popisující průměrné selhání v podkladu

Tabulka 3.4 Systém hodnocení dle norem ASTM

Stupeň puchýřovatění nátěrového filmu		Průměrné selhání řezu (mm)		Korozní změny kovového podklad (%)		Antikorozní účinnost
ASTM	Heubach	ASTM	Heubach	ASTM	Heubach	
-	100	0	100	0,01	100	100
-	-	-	-	0,03	-	-
-	95	-	95	0,1	95	95
-	90	0,0-0,5	90	0,3	90	90
-	85	-	85	-	85	85
-	80	0,5-1,0	80	1	80	80
8F	75	-	75	-	75	75
6F	70	1,0-2,0	70	3	70	70
4F	65	-	65	-	65	65
2F	60	2,0-3,0	60	10	60	60
8M	55	-	55	-	55	55
6M	50	3,0-5,0	50	-	50	50
4M	45	-	45	-	45	45
2M	40	5,0-7,0	40	16	40	40
8MD	35	-	35	-	35	35
6MD	30	7,0-10	30	-	30	30
4MD	25	-	25	-	25	25
2MD	20	10,0-13,0	20	33	20	20
8D	15	-	15	-	15	15
6D	10	13,0-16,0	10	50	10	10
4D	5	-	5	-	5	5
2D	0	16,0	0	100	0	0

4. Technické zpracování zprávy a technicko-ekonomické zhodnocení

Běžné nejen rozpouštědlové nátěrové hmoty obsahují ve velkém množství vysoce škodlivé látky, které jednak při vlastní výrobě použití, ale i při odstraňování nátěrů a zneškodňování odpadů, velice negativně ovlivňují životní prostředí a zdraví lidí. Jsou to zejména těkavé organické látky a některé sloučeniny těžkých kovů. Největší podíl na znečišťování životního prostředí mají právě těkavé organické látky používané jako rozpouštědla a ředidla tzv. klasických nátěrových hmot, které tvoří až 40-60 % hmotnosti výrobku.

Tyto plynné organické škodliviny působí nepříznivě samy o sobě, ale taky tím, že za působení slunečního záření se podílejí na vzniku troposférického ozonu a dalších znečišťujících látek, tvořících tzv. "fotochemický smog", který škodlivě působí na lidský organismus, dráždí sliznice a zhoršuje zdravotní stav osob s nemocemi dýchacích cest a srdce. Páry organických rozpouštědel rovněž negativně ovlivňují ozonoféru Země. Při roční spotřebě 50 000 t nátěrových hmot unikne do ovzduší až 25 000 t organických rozpouštědel.

Vodou ředitelné nátěrové hmoty proto znamenají významný přínos pro zlepšení životního prostředí i ochrany zdraví.

Vodou ředitelné nátěrové hmoty mají zákonem stanoveny nejtvrdší požadavky.

- Obsah volného formaldehydu v 1 kg nátěrové hmoty nesmí být vyšší než 10 mg.
- Nátěrová hmota nesmí obsahovat halogenovaná rozpouštědla
- Nátěrová hmota nesmí obsahovat aromatické uhlovodíky
- Obsah těžkých kovů v kyselém vodném výluhu zaschlého nátěru je přesně limitován
- U těkavých organických látek a transparentních nátěrových hmot nesmí obsah přesahovat 20 % hm., u pigmentovaných 15 % hm.

Náklady na vodou ředitelné systémy jsou o něco vyšší než na syntetické, ale i přesto mnozí již uplatňují systémy se sníženým obsahem organických rozpouštědel a tudíž současně i s nízkým zápachem. Mnozí výrobci hledají stále cesty vedoucí k významnému snižování úrovně těkavých organických látek při zachování úrovně kvality. Řešení tohoto

problému nabízí například vodou ředitelné 1K, 2K PUR systémy, které mají velice nízký obsah rozpouštědel nebo dokonce žádné. Další významné faktory, které upřednostňují vodou ředitelné nátěry je bezpečnost a spolehlivost podobně jako i technické důvody např. snadné matování, rychlé fyzikální zasychání, jednoduché čištění zařízení a nižší agresivita k citlivým substrátům. Moderní 2K PUR systémy splňují veškeré technické požadavky pro dopravní techniku v podobném rozsahu jako konvekční rozpouštědlové systémy, navíc tyto PUR systémy nové generace poskytují i rychlejší vytvrzovací vlastnosti.

Technické důvody: v mnoha aplikacích můžeme pozorovat mnohem rychlejší fyzikální zasychání ve srovnání s rozpouštědlovými nátěry. To má za následek skutečnost, že čerstvě aplikované povrchy nejsou tak citlivé proti působení prachu a tím snižují povrchové defekty. VŘS umožňují rovněž nastavit širší škálu matných efektů oproti rozpouštědlovým systémům.

Finanční důvody: jako první musíme mít na mysli, že voda se vyskytuje a je dostupná téměř všude. Je to vůbec nejlevnější rozpouštědlo, které navíc může být použito současně i pro čištění zařízení. Výrobci i výrobní závody používající VŘS si mohou dost výrazně snížit své pojišťovací poplatky i proto, že nemají ve výrobě žádná rozpouštědla a tím pádem se podstatně snižuje riziko požárů i úrazů.

Spolehlivost, bezpečnost, technické přednosti a již zmíněné finanční důvody jsou přesvědčivé důvody jak pro výrobce, tak pro výrobní závody provozující aplikaci nátěrových hmot nebo jiné konečné uživatele, aby využívali tyto vodou ředitelné systémy. Převážně technologie PUR již stabilně přispívá k rozvoji v průmyslu nátěrových hmot a optimalizuje kvalitu, efektivitu a úroveň VOC nátěrových systémů a procesů pro řadu aplikací.

Rovněž současná legislativa má za úkol redukovat používání těkavých organických rozpouštědel a tyto skutečnosti vedou k významným změnám ve formulacích antikoročních nátěrových hmot.

V žádném případě nemůžeme samozřejmě úplně odsouvat do pozadí rozpouštědlové produkty. Například z hlediska dosažení odolnosti chemikáliím ve vodě jsou na tom RS lépe a pro těžkou antikorozi ochranu se vodné systémy běžně nepoužívají. Nátěrové 2K PUR systémy vykazují kupříkladu omezení z hlediska dosažení potřebné tloušťky filmu během aplikace, což má za následek nedostatečnou antikorozi odolnost a jsou rovněž

dosti citlivé na horší klimatické podmínky, tudíž na již zmíněnou těžkou antikorozi ochranu.

4.1. Vyhodnocení výsledků

Smyslem celé experimentální části je poukázat na možné následky působení korozního napadení na samotný nátěr a podkladový materiál, při aplikaci organického nátěrového systému rozdílného složení a současně i za rozdílných technologických podmínek. Tyto podmínky můžeme formulovat jako dodržování technologické kázně při nanášení ochranného povlaku a různé možnosti vysychání a vytvrzování nátěrového filmu. Tyto specifické podmínky mohou kdykoliv nastat při aplikaci nátěrových systémů v provozních podmínkách. K experimentální části byly vybrány čtyři druhy nátěru, které se používají a aplikují přímo ve výrobě na dopravní prostředky, v našem případě tramvaje. Nátěrové systémy byly vybrány záměrně ve dvou složeních – vodou ředitelné a syntetické (rozpouštědlové) tak, abychom z výsledků mohli provést srovnání mezi těmito dvěma druhy.

4.2. Vyhodnocení vlastností povlaků na základě mechanických zkoušek

4.3. Tloušťka nátěrových filmů

Tloušťky provedených finálních nátěru na jednotlivých zkušebních panelech v zaschlém stavu byly změřeny na několika místech pomocí digitálního měřicího přístroje. Měření bylo provedeno u každého jednotlivého vzorku pětikrát a hodnoty tloušťky jednotlivých nátěrových filmů na vzorcích byly získány jako aritmetické průměry. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 4.1, 4.2, 4.3 a 4.4.

4.4. Vyhodnocení stupně přilnavosti nátěru mřížkovou metodou

Přilnavost vytvrzeného nátěrového filmu na základním materiálu v našem případě ocelových panelech, bylo prováděno za pomoci speciálního řezacího nože. Podle specifikace nátěru v místě překřížení vytvořených na sebe kolmých drážek a srovnáním s danou předlohou byly vytvořené mřížky hodnoceny stupnicí 0 až 5 na základě standardů. Výsledné hodnoty přilnavosti jednotlivých nátěrových hmot jsou uvedeny opět v tabulkách 4.1, 4.2, 4.3 a 4.4.

Tabulka 4.1 tloušťka nátěrového filmu a mřížková zkouška přilnavosti**první modifikace**

Hodnota teploty a vlhkosti	Tloušťka [μm]	Klasifikace přilnavosti
Sušení při 19°C, vlhkost 45%	91,1	4
Sušení při 19°C, vlhkost 45%	140,5	4
Sušení při 28°C, vlhkost 30%	90,2	3
Sušení při 28°C, vlhkost 30%	141,1	3
Sušení při 60°C, vlhkost 10%	90,6	2
Sušení při 60°C, vlhkost 10%	140,2	2

Tabulka 4.2 tloušťka nátěrového filmu a mřížková zkouška přilnavosti**druhá modifikace**

Hodnota teploty a vlhkosti	Tloušťka [μm]	Klasifikace přilnavosti
Sušení při 19°C, vlhkost 45%	89,9	3
Sušení při 19°C, vlhkost 45%	140,5	3
Sušení při 28°C, vlhkost 30%	90,9	4
Sušení při 28°C, vlhkost 30%	141,6	3
Sušení při 60°C, vlhkost 10%	89,6	2
Sušení při 60°C, vlhkost 10%	140,9	4

Tabulka 4.3 tloušťka nátěrového filmu a mřížková zkouška přilnavosti**třetí modifikace**

Hodnota teploty a vlhkosti	Tloušťka [μm]	Klasifikace přilnavosti
Sušení při 19°C, vlhkost 45%	91,2	4
Sušení při 19°C, vlhkost 45%	139,7	3
Sušení při 28°C, vlhkost 30%	91,1	4
Sušení při 28°C, vlhkost 30%	139,4	4
Sušení při 60°C, vlhkost 10%	91,6	2
Sušení při 60°C, vlhkost 10%	139,9	3

Tabulka 4.4 tloušťka nátěrového filmu a mřížková zkouška přilnavosti**čtvrté modifikace**

Hodnota teploty a vlhkosti	Tloušťka [μm]	Klasifikace přilnavosti
Sušení při 19°C, vlhkost 45%	90,2	3
Sušení při 19°C, vlhkost 45%	140,9	3
Sušení při 28°C, vlhkost 30%	90,6	4
Sušení při 28°C, vlhkost 30%	140,2	3
Sušení při 60°C, vlhkost 10%	89,9	4
Sušení při 60°C, vlhkost 10%	140,8	4

4.5. Vyhodnocení korozní zkoušky v komoře se solnou mlhou

Zkušební ocelové panely byly v komoře se solnou mlhou vystaveny jejímu působení po dobu 768 hodin. Na zaschnutém nátěrovém filmu každého jednotlivého panelu byly hodnoceny dané vlastnosti vybraných nátěrových hmot. Na vzorcích byly postupně prováděny jednotlivé zkoušky degradace nátěru.

4.6. Vizuální vyhodnocení vzorků v průběhu zkoušky solnou mlhou

V průběhu samotné zkoušky, která probíhala po dobu 768 hodin byly jednotlivé vzorky ocelových panelů průběžně vizuálně kontrolovány a dokumentovány.

Vizuální hodnocení vzorků v průběhu zkoušky solnou mlhou

Vzorek č. 1/1

- po 50 hodinách koroze řezu 100%, v ploše 2 prorezivělé body,
- po 96 hodinách 4 prorezivělé body,
- po 552 hodinách u řezu vpravo 3 puchýře do velikosti 6 mm, vlevo u řezu 2 puchýře velikosti 4x3 mm,
- po 672 hod. u řezu vlevo i vpravo puchýře větší,
- Po 768 hodinách puchýře beze změny.

Vzorek č. 2/1

- po 48 hodinách koroze řezu 100 %, u řezu podfouklina,
- po 96 hodinách ojedinělé velmi drobné prorezivělé body,
- po 552 hodinách 2 puchýře u řezu velikosti do 4 mm,
- po 672 hodinách více velmi drobných prorezivělých bodů,
- po 768 hodinách beze změny.

Vzorek č. 3/1

- po 48 hod. koroze řezu 100 %, defekty v ploše,
- po 96 hodinách 2 prerezivělé body,
- po 504 hodinách 3 prerezivělé body,
- po 672 hodinách, vpravo 2 puchýře 2x3 mm,
- po 768 hodinách 2 puchýře 4x5 mm.

Vzorek č. 4/1

- po 52 hodinách koroze řezu 100%, v ploše 1 prerezivělý bod,
- po 96 hodinách 3 prerezivělé body,
- po 672 hodinách vpravo 2 puchýře 3x3 mm, vlevo u řezu 3 puchýře do 4 mm,
- po 768 hodinách vpravo 3 puchýře do 4 mm, vlevo u řezu beze změny.

Vzorek č. 5/1

- po 52 hodinách koroze řezu 100 %, vznik struktury pomerančové kůry,
- po 96 hodinách 3 prerezivělé body,
- po 168 hodinách v horní části řezu drobné puchýře,
- po 504 hodinách v horní části řezu 4 puchýře do 2mm,
- po 768 hodinách v horní části řezu 8 puchýřů do 3 mm.

Vzorek č. 6/1

- po 48 hodinách koroze řezu 100 %, defekty v ploše,
- po 96 hodinách 4 prerezivělé body,
- po 216 hodinách více prerezivělých bodů,
- po 264 hodinách vpravo od řezu 2 puchýře 1x3 mm,
- po 432 hodinách vlevo od řezu 1 puchýř do 2 mm,

- po 768 hodinách beze změny.

Vzorek č. 7/2

- po 50 hodinách koroze řezu 100 %, vznik struktury pomerančové kůry,
- po 216 hodinách v ploše začínají vystupovat defekty,
- po 264 hodinách v ploše 3 puchýře do 3 mm,
- po 672 hodinách v ploše 6 puchýřů do 5 mm,
- po 768 hodinách beze změny.

Vzorek č. 8/2

- po 60 hodinách koroze řezu 100 %, defekty v ploše řezu drobné puchýře do velikosti 1 mm,
- po 216 hodinách v řezu drobné puchýře do velikosti 2 mm,
- po 432 hodinách více drobných puchýřů, v horní části dva puchýře do 2 mm,
- po 504 hodinách zvětšení 2 puchýřů na 5 mm, dále 3 puchýře do 2mm,
- po 768 hodinách jeden puchýř u řezu praskl, ostatní zvětšení do 5mm.

Vzorek č. 9/2

- po 53 hodinách koroze řezu 100 %, v řezu puchýř do velikosti 1 mm, v ploše nepatrné defekty,
- po 216 hodinách 4 prorezivělé body,
- po 504 hodinách více velmi drobných prorezivělých bodů,
- po 768 hodinách 2 puchýře u řezu do 5 mm, ostatní jako předtím.

Vzorek č. 10/2

- po 52 hodinách koroze řezu 100 %, defekty v ploše,

- po 96 hodinách v horní části řezu drobné puchýře,
- po 264 hodinách v celé ploše vzorku puchýře do 2 mm,
- po 672 hodinách v ploše vzorku puchýře do 3 mm, u řezu vpravo 2 puchýře do 3 mm
- po 768 hodinách v celé ploše puchýře, u řezu vpravo 1 puchýř prasknul.

Vzorek č. 11/2

- po 48 hodinách koroze řezu 100 %, v řezu puchýř do velikosti 1 mm,
- po 168 hodinách u řezu stejné, v ploše přibýly prorezivělé body a drobné puchýřky,
- po 216 hodinách v ploše začínají vystupovat drobné puchýře,
- po 336 hodinách v horní polovině 2 puchýře velikosti do 4 mm,
- po 672 hodinách drobné puchýře zvětšeny do 2 mm,
- po 768 hodinách v horní polovině 1 puchýř prasknul, 2 puchýře do 4 mm.

Vzorek č. 12/2

- po 54 hodinách koroze řezu 100%, v řezu a okolí z každé strany puchýře do velikosti 1 mm, v ploše puchýře do 1mm ,
- po 96 hodinách pravý horný roh prorezivění,
- po 216 hodinách v levém horné rohu kolonie puchýřů o velikosti 2 cm s prorezivělým středem, v ostatní ploše puchýře do 2 mm,
- po 336 hodinách puchýře v okolí řezu prorezivělé,
- po 672 hodinách nárůst množství puchýřů v ploše, v okolí řezu velikost 7mm, v koloniích do 4 mm,
- po 768 hodinách beze změny.

Vzorek č. 13/3

- po 64 hodinách koroze řezu 100 %, v řezu dva puchýře do velikosti 1 mm,

- po 168 hodinách puchýře u řezu do velikosti 3 mm, v ploše ojediněle puchýřky,
- po 336 hodinách dva puchýře u řezu velikosti 6 mm a 4 mm, menší puchýře v ploše,
- po 600 hodinách puchýře v ploše,
- po 768 hod. puchýř u řezu prasknul druhý velikosti 6 mm, puchýře v ploše.

Vzorek č. 14/3

- po 68 hodinách koroze řezu 100 %, v okolí řezu do vzdálenosti 0,5 cm puchýře velikosti cca 1 mm,
- po 336 hodinách zvětšení puchýřů na 1 – 2 mm,
- po 552 hodinách v pravém horním rohu 4 menší puchýře,
- po 768 hodinách hodnocení stejné.

Vzorek č. 15/3

- po 68 hodinách koroze řezu 100 %, v ploše 3 prerezivělé body a defekty v ploše
- po 336 hodinách 3 puchýře do velikosti 2 mm v horní polovině,
- po 672 hodinách v horních dvou třetinách vzorku puchýře,
- po 768 hodinách bez větší změny.

Vzorek č. 16/3

- po 63 hodinách koroze řezu 100%, vznik struktury pomerančové kůry,
- po 336 hodinách ploše začínají vystupovat defekty,
- po 672 hodinách v dolní polovině puchýře do 5 mm,
- po 768 hodinách puchýř u řezu velikosti 4 mm, puchýře v dolní polovině do 7 mm .

Vzorek č. 17/3

- po 60 hodinách koroze řezu 100%, v řezu puchýře do velikosti 1 mm, v ploše defekty,

- po 264 hodinách pravá polovina a polovina horní části náznak drobných puchýřů,
- po 552 hodinách puchýře v ploše do 4mm,
- po 672 hodinách v okolí řezu dva puchýře do 8 mm, dolní polovině puchýře do 5 mm
- po 768 hodinách jeden puchýř prasknul, zbytek bez větších změn

Vzorek č. 18/3

- po 64 hodinách koroze řezu 100 %, v ploše 5 prerezivělých bodů, v řezu do vzdálenosti 0,5 cm puchýře do velikosti 1 mm,
- po 336 hodinách puchýře u řezu do vzdálenosti 7 mm na každou stranu,
- po 552 hod. v ploše puchýře,
- po 768 hod. viz tabulka bez větších změn.

Vzorek č. 19/4

- po 68 hodinách koroze řezu 100 %, u řezu do vzdálenosti 4 mm drobné puchýře, v ploše nepatrné defekty,
- po 336 hodinách u řezu puchýř velikosti cca 6 mm,
- po 504 hodinách 1 cm od horného okraje řezu kolonie puchýřů s průměrem do 1 mm,
- po 672 hodinách v levé dolní části kolonie puchýřů do 5mm,
- po 768 hodinách puchýře do 9 mm.

Vzorek č. 20/4

- po 60 hodinách koroze řezu 100%, v ploše nepatrné defekty,
- po 216 hodinách puchýř u řezu do 3 mm,
- po 552 hodinách v blízkosti řezu 2 prokorodované místa průměru 4 mm a 2 mm,
- po 768 hodinách prokorodované místa do 6 mm.

Vzorek č. 21/4

- po 61 hodinách koroze řezu 100 %, defekty v ploše,
- po 336 hodinách okolo řezu skupina malých puchýřů,
- po 432 hodinách tři puchýře velikosti do 6 mm,
- po 672 hodinách jeden puchýř prasknul, dva do 8 mm
- po 768 hodinách bez větších změn.

Vzorek č. 22/4

- po 66 hodinách koroze řezu 100 %, defekty v ploše,
- po 264 hodinách v horní části řezu drobné puchýře,
- po 552 hodinách v celé ploše vzorku puchýře do 2 mm,
- po 672 hodinách v ploše vzorku puchýře do 4 mm,
- po 768 hodinách v celé ploše puchýře, u řezu vpravo 1 puchýř do 6mm

Vzorek č. 23/4

- po 65 hodinách koroze řezu 100 %, v ploše 4 prerezivělé body,
- po 336 hodinách v ploše 7 prerezivělých bodů, počátek puchýřů,
- po 552 hodinách 3 větší puchýře do 3mm, ostatní jako předchozí,
- po 600 hodinách celá plocha puchýře, ostatní jako předchozí,
- po 768 hodinách 3 větší puchýře do 5mm, ostatní jako předchozí,

Vzorek č. 24/4

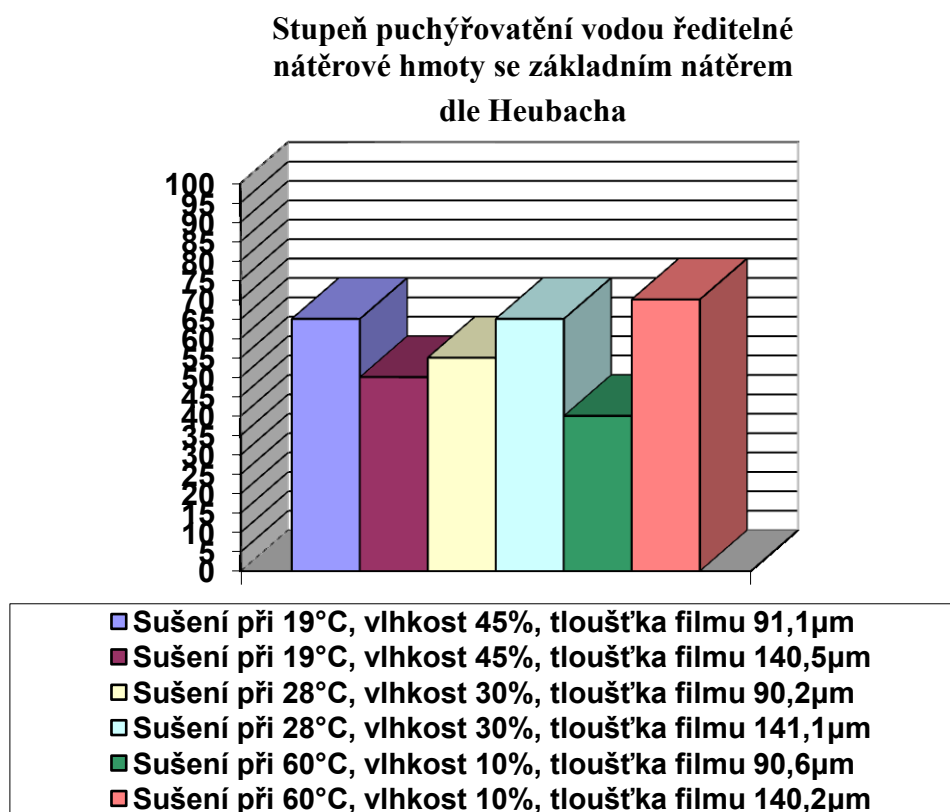
- po 68 hodinách koroze řezu 100 %, v ploše 2 prerezivělé body, nepatrné defekty v ploše,
- po 216 hodinách v okolí řezu puchýře do vzdálenosti 3 cm velikosti do 1,5 mm,
- po 336 hodinách v okolí řezu puchýře do vzdálenosti 2 cm,

- po 552 hodinách puchýře do velikosti 3 mm,
- po 768 hodinách puchýře do velikosti 5 mm do vzdálenosti 3 cm

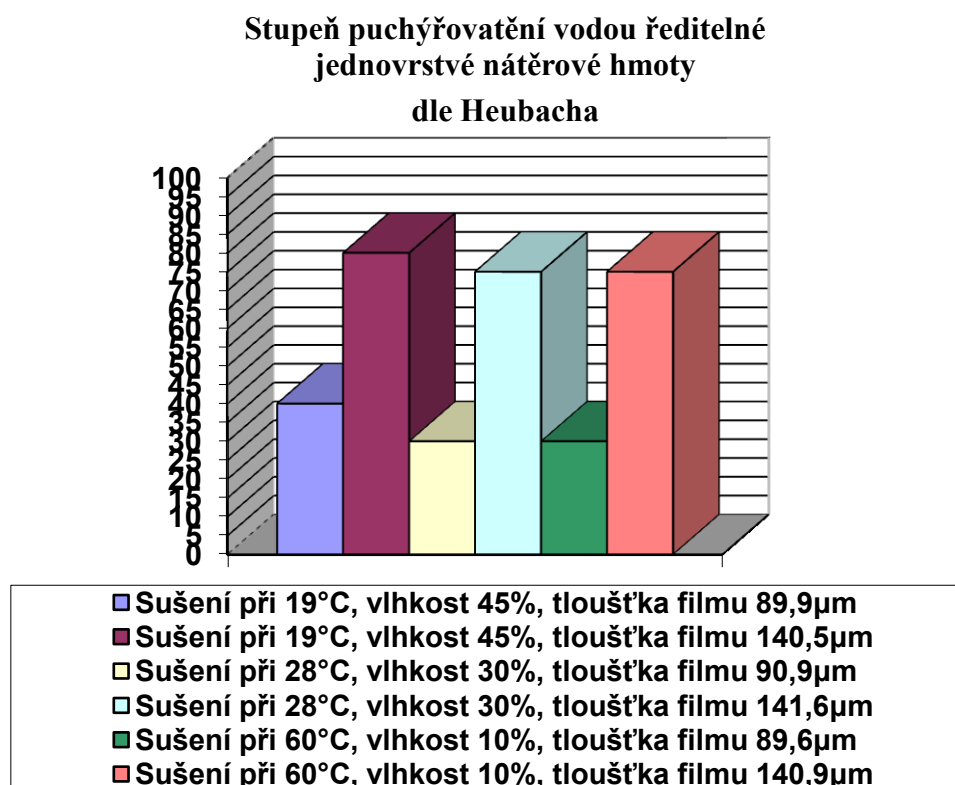
4.7. Vyhodnocení zkoušky stupně puchýřkování

Při hodnocení odolnosti ke tvorbě osmotických puchýřů. Pro srovnání odolnosti k tvorbě puchýřků u jednotlivých druhů nátěrů a současně i rozdílné povrchové úpravě ocelových panelů před nanesením nátěrového filmu jsou zpracovány jednotlivé grafy

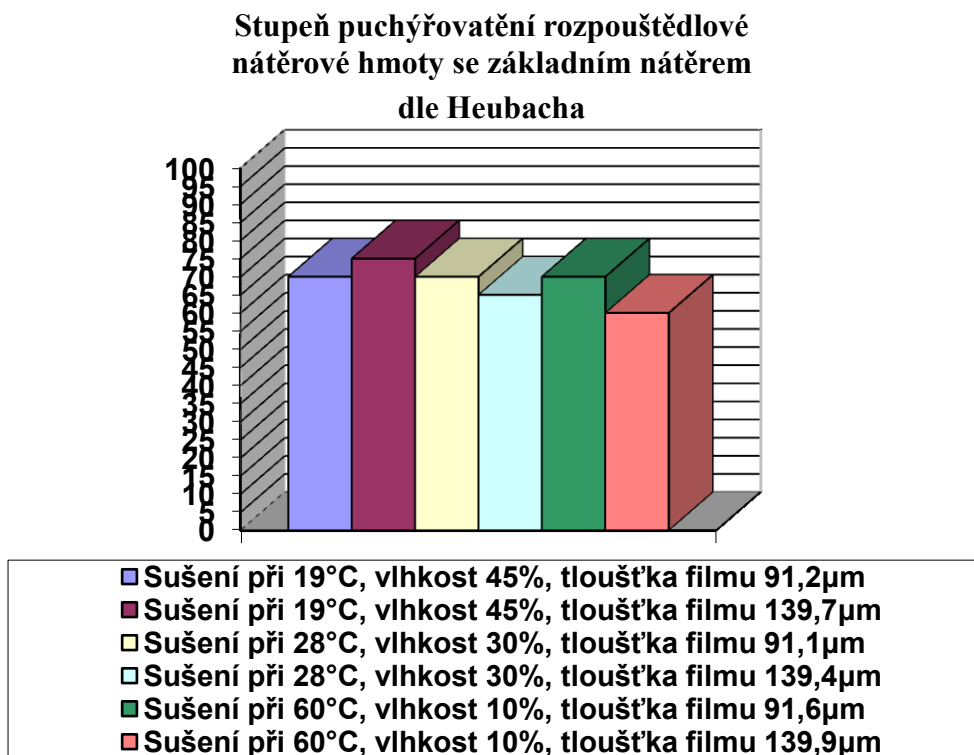
Graf č.4.1



Graf. č.4.2

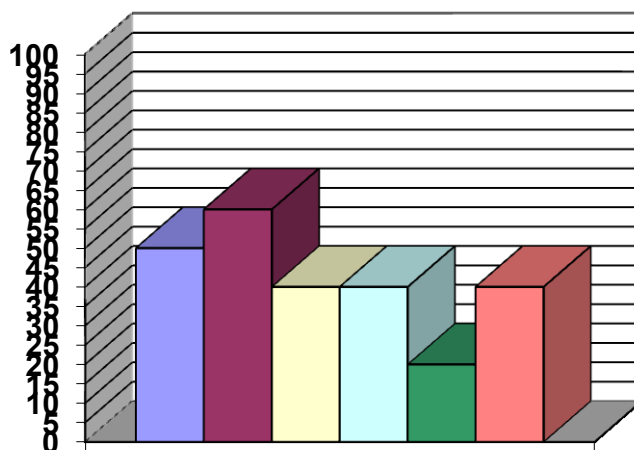


Graf. č.4.3



Graf č.4.4

**Stupeň puchýřovatění jednovrstvé
rozpouštědlové nátěrové hmoty
dle Heubacha**

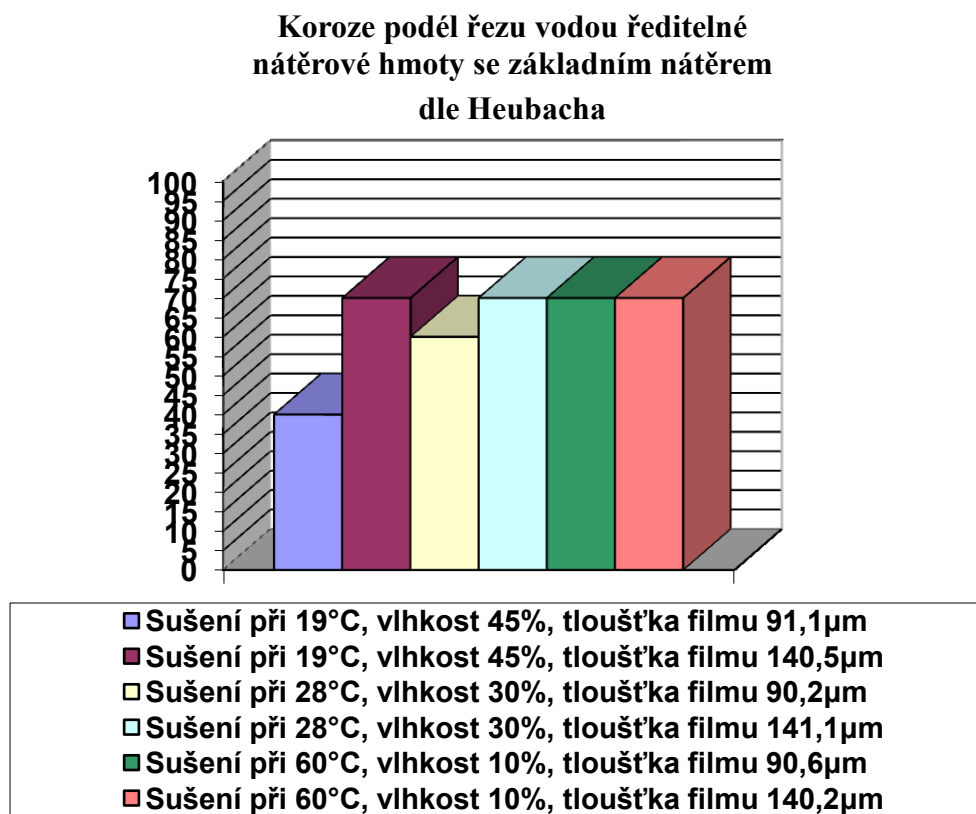


- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 90,2μm
- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 140,9μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 90,6μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 140,2μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 89,9μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 140,8μm

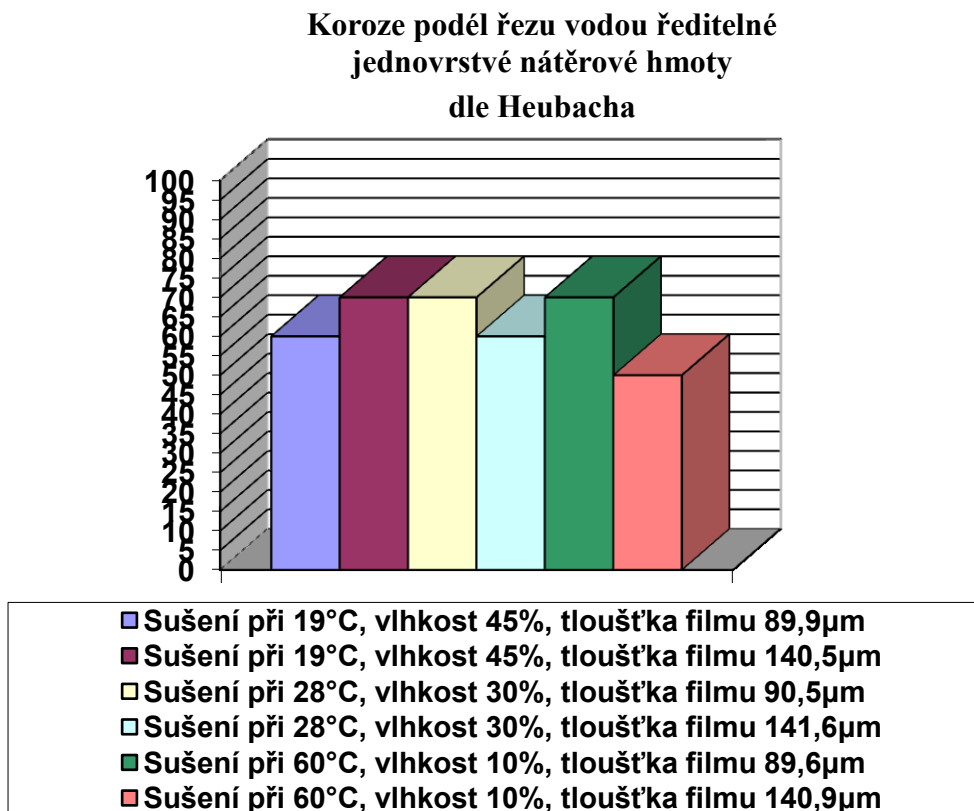
4.8. Vyhodnocení zkoušky koroze v řezu

Tato zkouška hodnotí rozsah koroze podél řezu u samotného nátěru a rozsah podkorodování v jeho okolí.

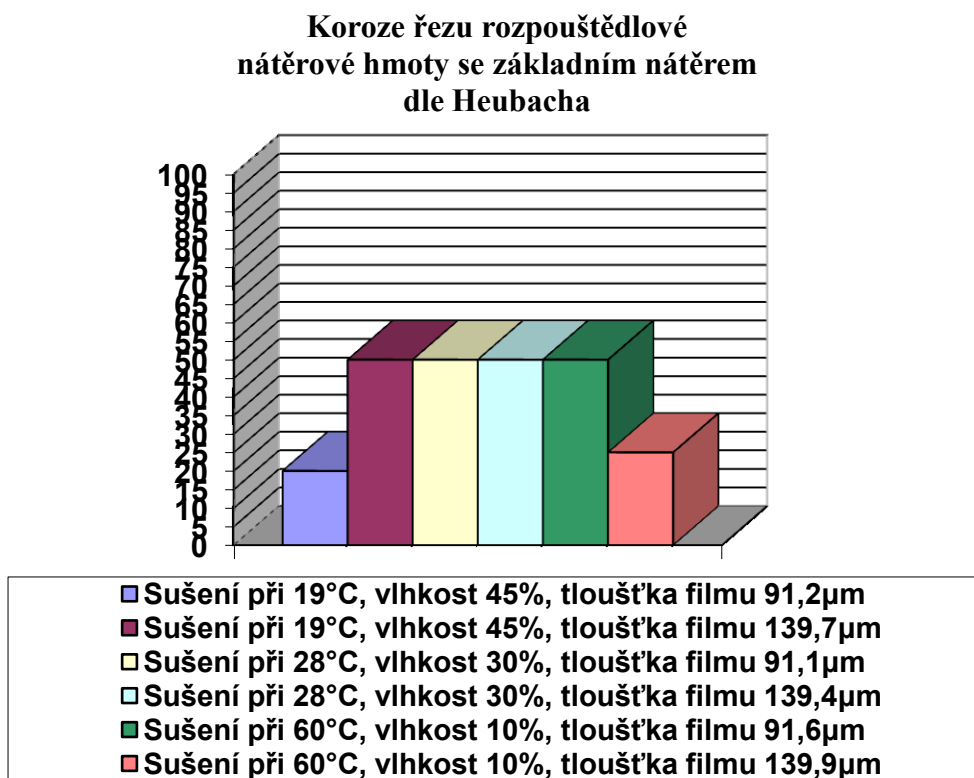
Graf 4.5



Graf. 4.6

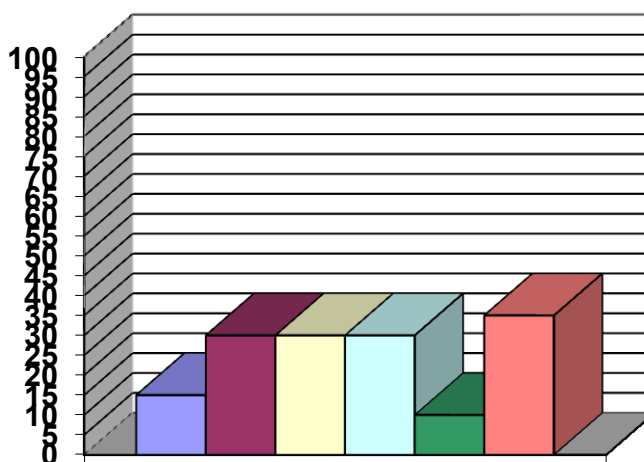


Graf. č.4.7



Graf č.4.8

**Koroze řezu jednovrstvé
rozpouštědlové nátěrové hmoty
dle Heubacha**

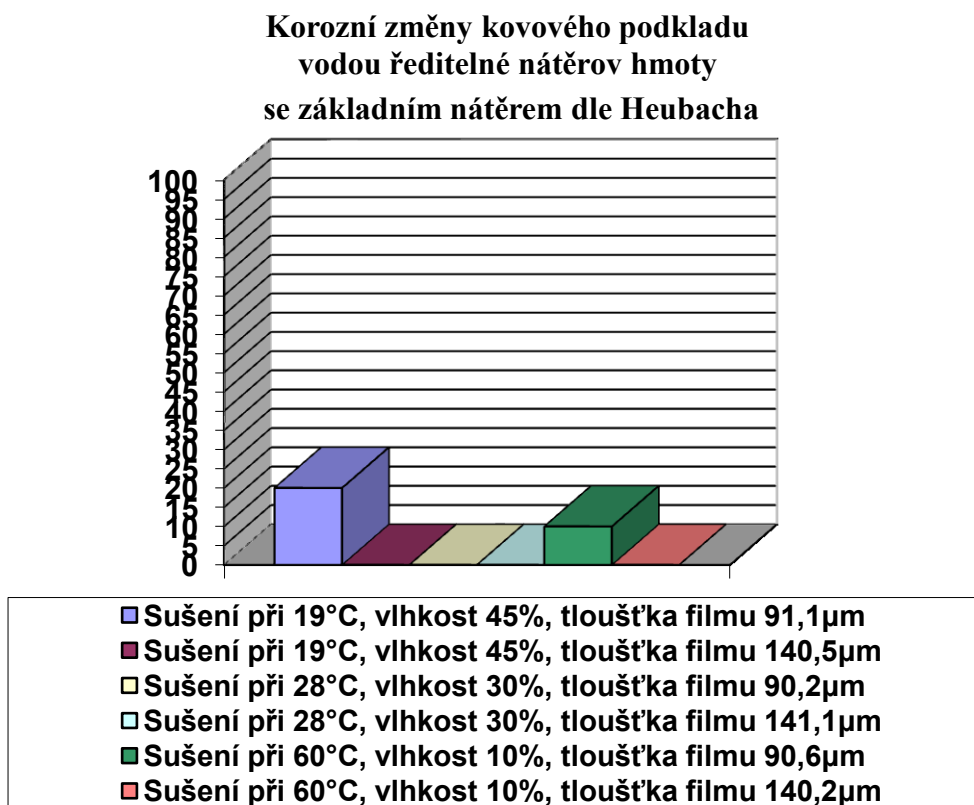


- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 90,2μm
- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 140,9μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 90,6μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 140,2μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 89,9μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 140,8μm

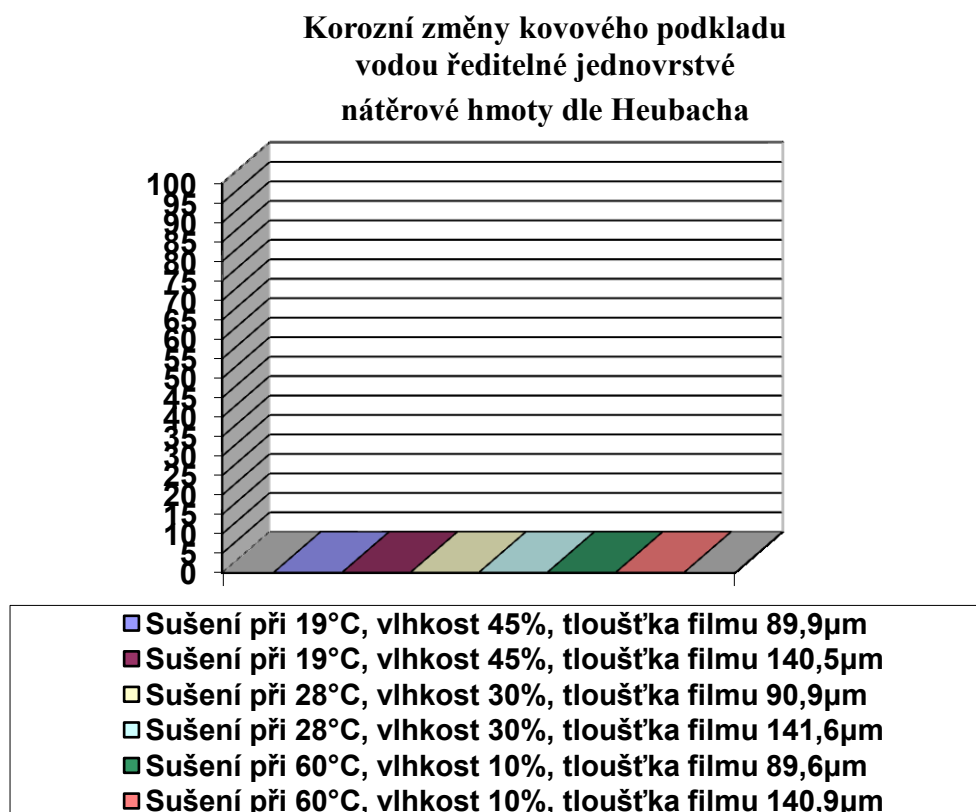
4.9. Vyhodnocení zkoušky prorozavění v ploše podkladu

K zhodnocení rozsahu koroze v ploše pod nátěrem můžeme přejít až po důkladném odstranění nátěrového systému ze všech vzorků.

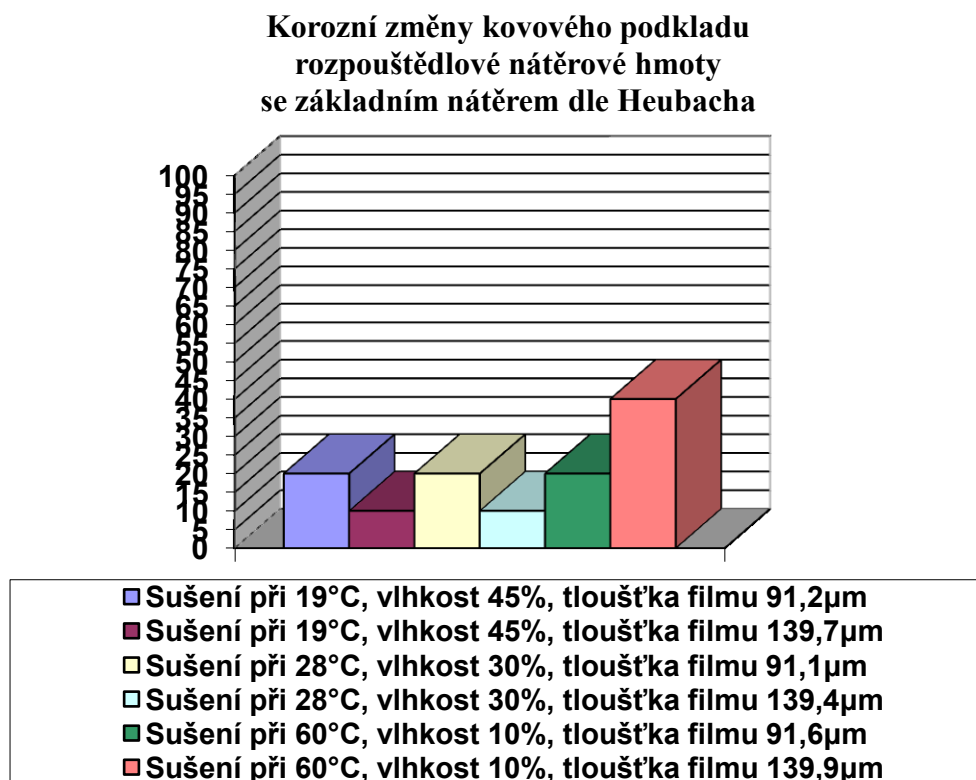
Graf 4.9



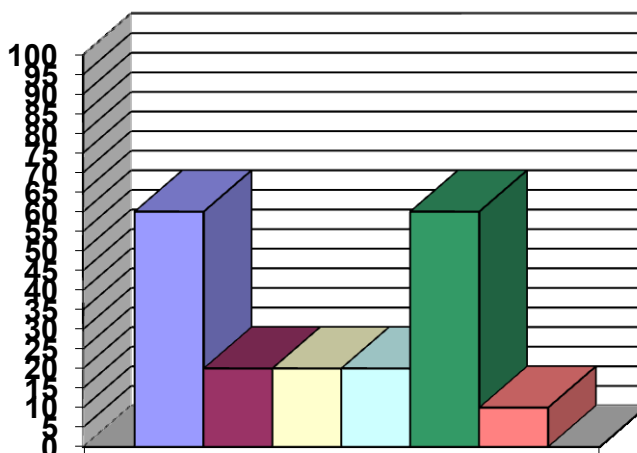
Graf. č.4.10



Graf. č.4.11



Korozní změny kovového podkladu
jednovrstvé rozpouštědlové
náterové hmoty dle Heubacha

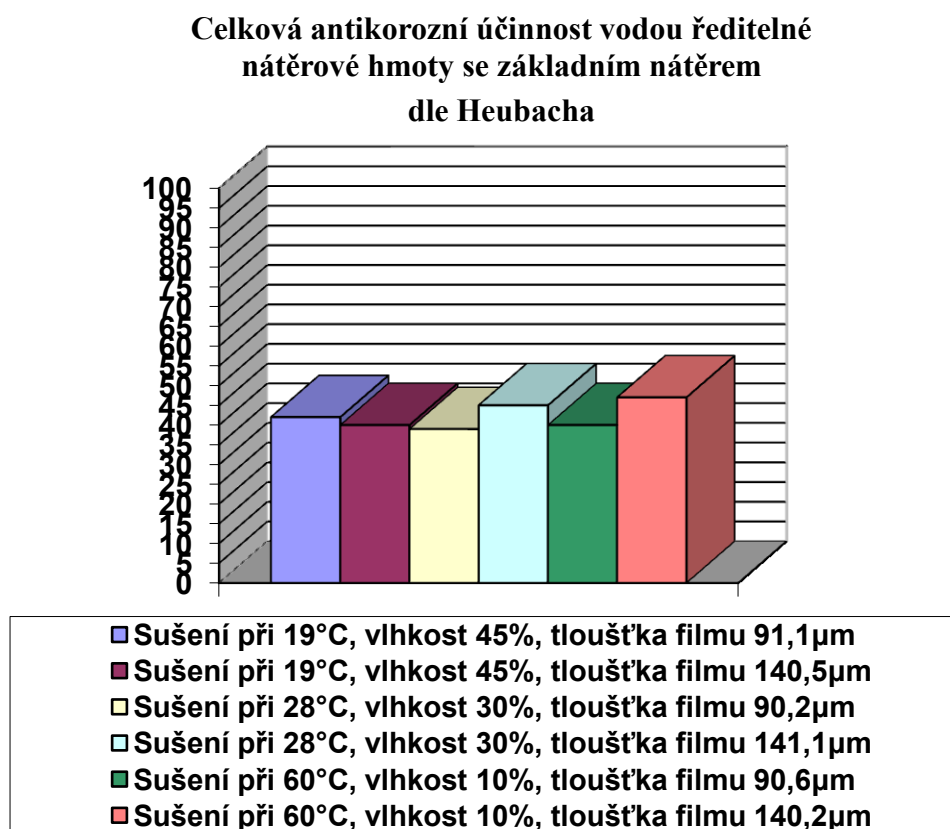


- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 90,2μm
- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 140,9μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 90,6μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 140,2μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 89,9μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 140,8μm

4.10. Celkové vyhodnocení korozních zkoušek

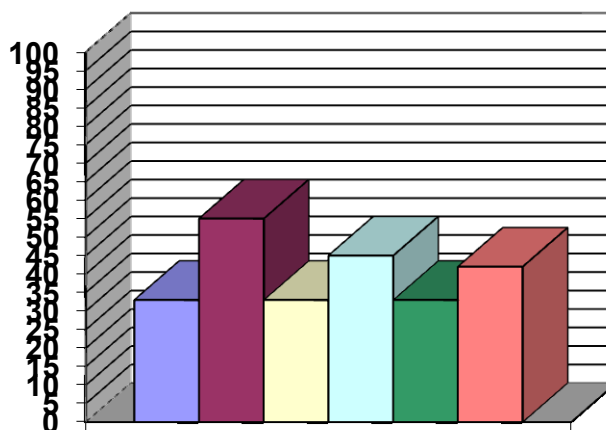
Celková antikoroziční účinnost nátěrového systému se získá dle jednotlivých zkoušek vykonaných po působení solné mlhy na jednotlivé vzorky po dobu 768 hodin. Je uvedena v %. Jednotlivé výsledky všech korozních zkoušek pro jednotlivé nátěrové hmoty jsou uvedeny v tabulce 4.9

Graf 4.13



Graf 4.14

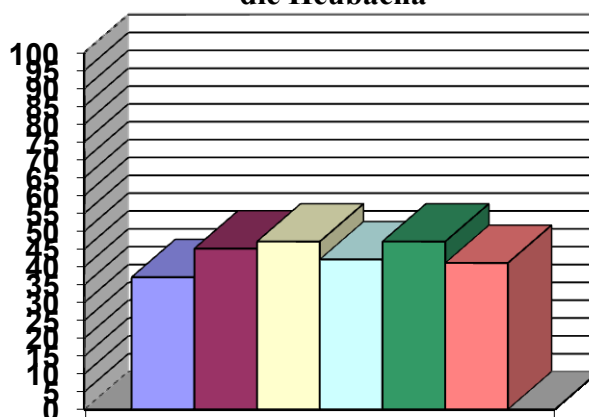
**Celková antikoroziční účinnost vodou ředitelné
jednovrstvé nátěrové hmoty
dle Heubacha**



- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 89,9 μm
- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 140,5 μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 90,9 μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 141,6 μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 89,6 μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 140,9 μm

Graf 4.15

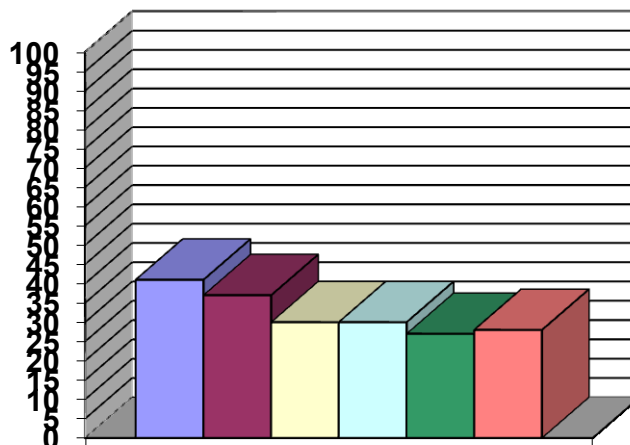
**Celková antikoroziční účinnost rozpouštědlové
nátěrové hmoty se základním nátěrem
dle Heubacha**



- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 91,2 μm
- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 139,7 μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 91,1 μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 139,4 μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 91,6 μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 139,9 μm

Graf 4.16

**Celková antikoroziční účinnost jednovrstvé
rozpouštědlové nátěrové hmoty
dle Heubacha**



- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 90,2μm
- Sušení při 19°C, vlhkost 45%, tloušťka filmu 140,9μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 90,6μm
- Sušení při 28°C, vlhkost 30%, tloušťka filmu 140,2μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 89,9μm
- Sušení při 60°C, vlhkost 10%, tloušťka filmu 140,8μm

Tabulka 4.5 Vyhodnocení degradace nátěru dle českých technických norem

ČSN EN ISO 4628-2,3,4,5

Hodnocení degradace nátěru po korozní zkoušce solnou mlhou po 768 hodinách u vodou ředitelné NH se základním nátěrem.	
<u>Vzorek č.1/1 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S3) Ri 3 0 (S0) 0 (S0) 3 mm 33%
<u>Vzorek č.2/1 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S3) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 0,5 mm 100%
<u>Vzorek č.3/1 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S3) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 1 mm 100%
<u>Vzorek č.4/1 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	2 (S4) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 0,5 mm 100%
<u>Vzorek č.5/1 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S5) Ri 3 0 (S0) 0 (S0) 0,5 mm 50%
<u>Vzorek č.6/1 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S3) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 0,5 mm 100%

Tabulka 4.6 Vyhodnocení degradace nátěru dle českých technických norem

ČSN EN ISO 4628-2,3,4,5

Hodnocení degradace nátěru po korozní zkoušce solnou mlhou po 768 hodinách u vodou ředitelné jednovrstvé NH.	
<u>Vzorek č.7/2 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezávání - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	5 (S3) Ri 4 0 (S0) 0 (S0) 0,25 mm 100%
<u>Vzorek č.8/2 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezávání - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	0 (S0) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 0,5 mm 100%
<u>Vzorek č.9/2 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezávání - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	4 (S3) Ri 4 0 (S0) 0 (S0) 1 mm 100%
<u>Vzorek č.10/2 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezávání - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	2 (S2) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 1 mm 100%
<u>Vzorek č.11/2 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezávání - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	4 (S3) Ri 3 0 (S0) 0 (S0) 0,5 mm 100%
<u>Vzorek č.12/2 768 hodin:</u> - puchýřkování - prerezávání - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	2 (S2) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 1 mm 100%

Tabulka 4.7 Vyhodnocení degradace nátěru dle českých technických norem

ČSN EN ISO 4628-2,3,4,5

Hodnocení degradace nátěru po korozní zkoušce solnou mlhou po 768 hodinách u rozpouštědlové NH se základním nátěrem.	
<u>Vzorek č.13/3 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S3) Ri 3 0 (S0) 0 (S0) 2 mm 33%
<u>Vzorek č.14/3 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	0 (S0) Ri 3 0 (S0) 0 (S0) 1,5 mm 50%
<u>Vzorek č.15/3 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	2 (S3) Ri 2 0 (S0) 0 (S0) 2 mm 33%
<u>Vzorek č.16/3 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	0 (S0) Ri 3 0 (S0) 0 (S0) 2 mm 50%
<u>Vzorek č.17/3 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	2 (S3) Ri 2 0 (S0) 0 (S0) 0,5 mm 33%
<u>Vzorek č.18/3 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	2 (S5) Ri 1 0 (S0) 0 (S0) 9,5 mm 10%

Tabulka 4.8 Vyhodnocení degradace nátěru dle českých technických norem

ČSN EN ISO 4628-2,3,4,5

Hodnocení degradace nátěru po korozní zkoušce solnou mlhou po 768 hodinách u jednovrstvé rozpouštědlové NH.	
<u>Vzorek č.19/4 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S5) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 10 mm 1%
<u>Vzorek č.20/4 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	2 (S5) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 7,5 mm 33%
<u>Vzorek č.21/4 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S5) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 6,5 mm 33%
<u>Vzorek č.22/4 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	3 (S5) Ri 5 0 (S0) 0 (S0) 7 mm 33%
<u>Vzorek č.23/4 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	4 (S5) Ri 2 0 (S0) 5 (S5) 19 mm 10%
<u>Vzorek č.24/4 768 hodin:</u> - puchýřkování - prorezavění - praskání - odlupování - koroze podél řezu M - koroze podkladu po odstranění nátěru	4 (S5) Ri 2 0 (S0) 5 (S5) 19 mm 10%

Tabulka 4.9 Výsledky korozních zkoušek v komoře se solnou mlhou po 768 hodinách
dle norem ASTM a Heubach.

Číslo vzorku	Průměr. tloušťka nátěru [μm]	Stupeň puchýřovatení		Průměrné selhání řezu [mm]		Korozní změny kovového podkladu [%]		Antikoroz. účinnost
		ASTM	Heubach	ASTM	Heubach	ASTM	Heubach	
1/1	91,1	4F	65	7mm	40	33	20	42
2/1	140,5	6M	50	2mm	70	100	0	40
3/1	90,2	8M	55	3mm	60	100	0	39
4/1	141,1	4F	65	2mm	70	100	0	45
5/1	90,6	2M	40	2mm	70	50	10	40
6/1	140,2	6F	70	2mm	70	100	0	47
7/2	89,9	2M	40	3mm	60	100	0	33
8/2	140,5	-	80	2mm	70	100	0	55
9/2	90,9	6MD	30	1,5mm	70	100	0	33
10/2	141,6	8F	75	3mm	60	100	0	45
11/2	89,6	6MD	30	2mm	70	100	0	33
12/2	140,9	8F	75	4mm	50	100	0	42
13/3	91,2	6F	70	5mm	20	33	20	37
14/3	139,7	8F	75	4mm	50	50	10	45
15/3	91,1	6F	70	5mm	50	33	20	47
16/3	139,4	4F	65	5mm	50	50	10	42
17/3	91,6	6F	70	4mm	50	33	20	47
18/3	139,9	2F	60	10mm	25	10	40	41
19/4	90,2	6M	50	15mm	15	10	60	41
20/4	140,9	2F	60	9mm	30	33	20	37
21/4	90,6	2M	40	8mm	30	33	20	30
22/4	140,2	2M	40	9mm	30	33	20	30
23/4	89,9	2MD	20	20mm	10	10	60	27
24/4	140,8	2M	40	7mm	35	50	10	28

5. Závěr

Tato diplomová práce se zabývá vhodností použití syntetických a vodou ředitelných nátěrových hmot u dopravních prostředků. Při tomto studiu byly na jednotlivé vzorky podkladového materiálu, které byly řádně odmaštěny, nanесeny specifikované povrchové systémy ve dvou rozdílných tloušťkách. Po nanесení nátěrového filmu byly vzorky vystaveny třem rozdílným teplotám zasychání. Tyto různé tloušťky filmu a teploty zasychání, kdy dochází k vytvrzování nátěru dokonale simulují skutečné možné stavy, které mohou nastat při samotném procesu výroby dopravních prostředků, v našem případě se jedná o výrobu tramvají a kolejových vozidel.

K vyhodnocení vhodnosti použití syntetických nebo vodou ředitelných nátěrových hmot byly zkušební vzorky podrobeny urychlené korozní zkoušce solnou mlhou, která poskytuje dobré výsledky pro hodnocení ochrany organických nátěrů a kovových materiálů nacházejících se v blízkosti silničních tahů, kde se v zimním období používají posypové soli. Tato zkouška je založena na expozici zkušebních vzorků v uměle vytvořených přírodních podmínkách, které mohou působit na finální nátěrový film a chráněný kov a napomáhají odhalovat případné nedostatky, možný rozsah koroze a ochranné vlastnosti nátěrů. Po ukončení dané zkoušky byly vzorky vystaveny následným zkušebním metodám, které hodnotí stupeň tvorby puchýřků v nátěru, rozsah koroze podél řezu u daného finálního nátěru a rozsah podkorodování v jeho blízkém okolí. Jako poslední hodnocení je rozsah koroze v ploše pod nátěrem.

Při hodnocení celkové antikoroziční účinnosti mezi čtyřmi druhy organických povlaků nátěrového systému, konkrétně dvě rozpouštědlové NH a dvě vodou ředitelné NH se ukázalo, že žádný povlak vyloženě nepropadl ani nepřevyšoval nad ostatními. Nejhorší výsledky ukazovaly na jednosložkový rozpouštědlový povlak.

Z vizuálního hodnocení vzorků v průběhu zkoušky solnou mlhou je patrné, že odolnost daného ochranného typu nátěru u všech čtyř výtýpovaných vzorků se začala narušovat průměrně po 60 hodinách. Dle přepočtu tento čas znamená zhruba čtrnácti měsíční 100% ochrana základního materiálu před působením koroze a to převážně atmosférické. Při aplikaci daných nátěrů na dopravní prostředky při dané dvouleté záruční době na nátěrové systémy je zapotřebí zvýšit tloušťky nátěrů pro zajištění dokonalé odolnosti proti korozi na danou dobu.

Z daných výsledků můžeme usoudit, že dané syntetické a vodou ředitelné nátěrové hmoty mají v dopravních prostředcích své opodstatnění z pohledu kvality a jakosti vytvořených

organických povlaků. Ovšem musíme brát na zřetel a nezapomínat na skutečnost, že vodou ředitelné nátěrové hmoty vyhovují zvyšujícím se přísným požadavkům na ochranu životního prostředí, především pro jejich požární bezpečnost, menší toxicitu a také nízké hodnoty VOC. Při aplikaci rozpouštědlových nátěrů je životní prostředí zatěžováno těkavými organickými látkami a odpady, které vznikají při úpravě povrchu před i při vlastním nanášení nátěrových hmot.

V posledních desetiletích se klade značný důraz na snižování emisí těkavých organických látek do ovzduší a to vede k posunu vývoje v oblasti nátěrových hmot směrem k produktům s nízkým obsahem rozpouštědel.

Můžeme jednoznačně říci, že pokud provedeme nátěr základního materiálu s vodou ředitelnými barvami a barvami rozpouštědlovými a měly by srovnatelné technické parametry, pak existují minimálně tři důvody proč upřednostnit vodou ředitelné nátěrové hmoty:

- Snižování emisí rozpouštědel.
- Snižování rizika poškození zdraví pracovníků při práci a snížení nákladů na vybavení a provoz stříkacích linek.
- Minimalizace rizika výbuchu nebo požáru.

Tyto poměrně značné výhody většinou zcela kompenzují někdy vyšší cenu vodou ředitelných nátěrových hmot.

Použitá literatura

- [1] Kalendová A., Sborník příspěvků mezinárodní konference o nátěrových hmotách KNH 2011, Pardubice 2011, ISBN 978-80-7395-399-7, str. 119.
- [2] Černý, M. *Korozní vlastnosti kovových konstrukčních materiálů*, SNTL Praha, (1994), str. 105.
- [3] Mýl, J., Trojan, M. *Anorganická technologie I*, VŠCHT Pardubice (1986), str. 4.
- [4] www.maturita.cz
- [5] Kizlink J., Technologie chemických látek I., Vysoké učení technické v Brně, Brno, Česká republika, (2001), str. 39.
- [6] Kalendová A. Metody testování vlastností organických povlaků 1.díl, Univerzita Pardubice, Pardubice, Česká republika, (2001), str. 14.
- [7] Petrášek, M., Kalendová, A. *Nitková koroze – specifická forma degradace organických povlaků*, in Sborník referátů přednesených na XXXI. Mezinárodní konferenci o nátěrových hmotách, Seč u Chrudimi, Česká republika, (2000), str. 230 – 234.
- [8] Hochmanová L., Štěpánková L., Inhibitory koroze v základních antikoročních nátěrech, in Sborník referátů přednesených na XXXV. Mezinárodní konferenci o nátěrových hmotách, Seč u Chrudimi, Česká republika, (2004), str. 206-207.
- [9] Rozhon, M., Dvořáček, J., Kalenda, P. *Sborník referátů přednesených na XXVII. konferenci s mezinárodní účastí o nátěrových hmotách*, Seč u Chrudimi, (1996), str. 46-47.
- [10] Banddžuch J., Ferenčík I., Nátěrové hmoty v české republice na prahu třetího tisíciletí, in Sborník referátů přednesených na XXXVII. Mezinárodní konferenci o nátěrových hmotách, Seč u Chrudimi, Česká republika, (2006), str. 3.
- [11] Mleziva J., Šňupárek J., Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití, Sobotáles

Praha, Česká republika, (2000), str. 291

- [12] Kalendová A., Kalenda P., Technologie nátěrových hmot I. Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot. Pardubice 2004 ISBN 80-7194-961-5, str. 149.
- [13] Kalendová A., Kalenda P., Technologie nátěrových hmot I. Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot. Pardubice 2004, ISBN 80-7194-961-5, str. 305.
- [14] Norma ČSN ISO 7384 Korozní zkoušky v umělé atmosféře, Český normalizační institut, Praha: Český normalizační institut, 1994.

Přílohy

Vzorky po korozní zkoušce solnou mlhou

Po 768 hodinách ukončení expozice korozní zkoušky v simulovaných podmínkách byly dané zkušební vzorky porovnávány metodou hodnocení tvorby puchýřků v nátěru.

Vzorek č.1/1



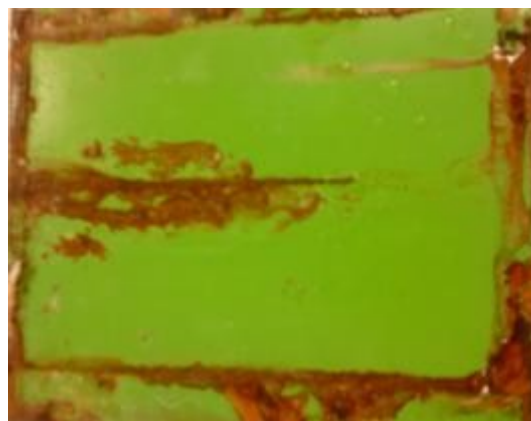
Vzorek č. 2/1



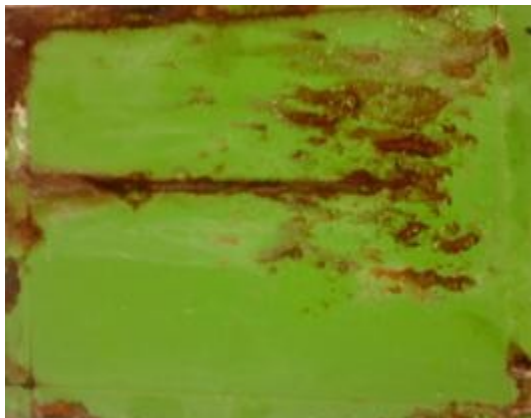
Vzorek č.3/1



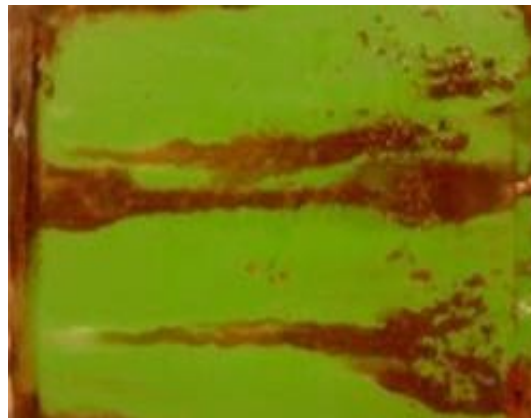
Vzorek č.4/1



Vzorek č.5/1



Vzorek č.6/1



Vzorek č.7/2



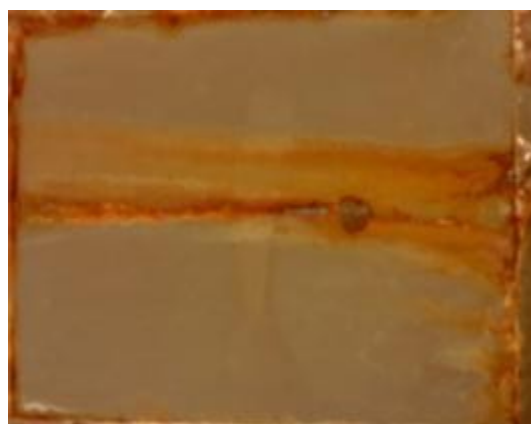
Vzorek č.8/2



Vzorek č..9/2



Vzorek č.10/2



Vzorek č. 11/2



Vzorek č.12/2



Vzorek č.13/3



Vzorek č. 14/3



Vzorek č. 15/3



Vzorek č. 16/3



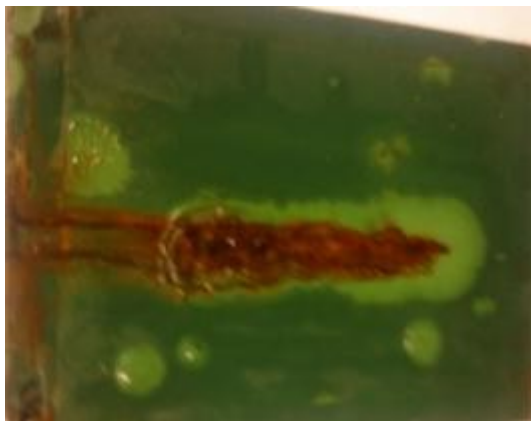
Vzorek č. 17/3



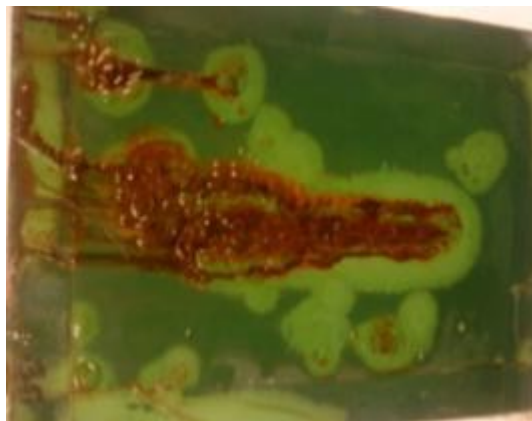
Vzorek č. 18/3



Vzorek č. 19/4



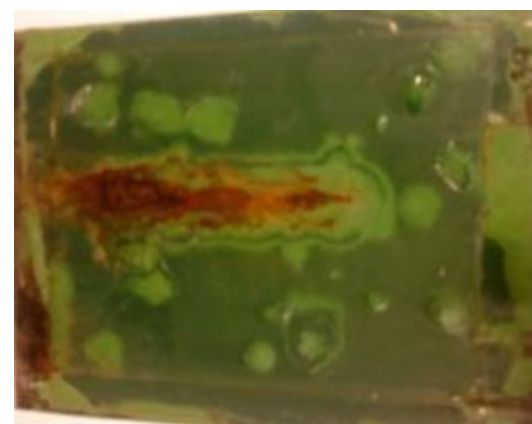
Vzorek č. 20/4



Vzorek č. 21/4



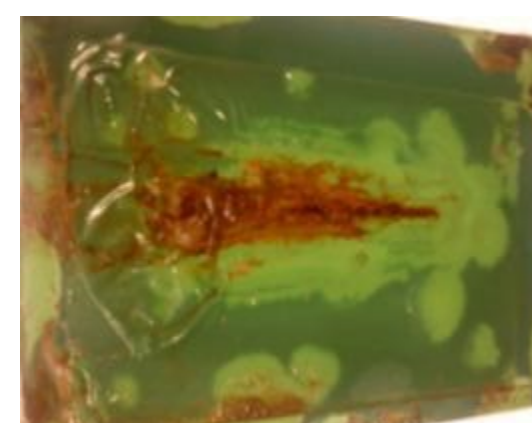
Vzorek č. 22/4



Vzorek č. 23/4



Vzorek č. 24/4



Vzorky po korozní zkoušce solnou mlhou

Po expozici vzorků v simulovaném korozním prostředí byly ocelové panely po dobu 36 hodin ponořeny v roztoku acetonu a hydroxidu sodného pro odstranění nátěrového filmu z povrchu. Po odstranění filmu škrabkou byl povrch odmaštěn a omyt vodou. Po nanesení bezbarvého laku na takto upravené ocelové plechy bylo provedeno hodnocení jednotlivých nátěrů. Jednotlivé vzorky poodhalují schopnost ochrany organického povlaku proti šíření koroze pod samotným nátěrem od místa poškození, v našem případě řezu.

Vzorek č.1/1



Vzorek č. 2/1



Vzorek č.3/1



Vzorek č.4/1



Vzorek č.5/1



Vzorek č.6/1



Vzorek č.7/2



Vzorek č.8/2



Vzorek č..9/2



Vzorek č.10/2



Vzorek č. 11/2



Vzorek č.12/2



Vzorek č.13/3



Vzorek č. 14/3



Vzorek č. 15/3



Vzorek č. 16/3



Vzorek č. 17/3



Vzorek č. 18/3



Vzorek č. 19/4



Vzorek č. 20/4



Vzorek č. 21/4



Vzorek č. 22/4



Vzorek č. 23/4



Vzorek č. 24/4



Seznam tabulek a grafů

strana

Tabulka 3.1 Číslování jednotlivých zkušebních vzorků.....	42
Tabulka 3.2 Číslování jednotlivých zkušebních vzorků.....	42
Tabulka 3.3 Převod stupně hodnocení puchýřkování dle daných kritérií.....	51
Tabulka 3.4 Systém hodnocení dle norem ASTM.....	54
Tabulka 4.1 Mřížková zkouška přilnavosti – první modifikace.....	58
Tabulka 4.2 Mřížková zkouška přilnavosti – druhá modifikace.....	58
Tabulka 4.3 Mřížková zkouška přilnavosti – třetí modifikace.....	59
Tabulka 4.4 Mřížková zkouška přilnavosti – čtvrtá modifikace.....	59
Tabulka 4.5 Vyhodnocení degradace nátěru – první modifikace.....	79
Tabulka 4.6 Vyhodnocení degradace nátěru – druhá modifikace.....	80
Tabulka 4.7 Vyhodnocení degradace nátěru – třetí modifikace.....	81
Tabulka 4.8 Vyhodnocení degradace nátěru – čtvrtá modifikace.....	82
Tabulka 4.9 Výsledky korozních zkoušek v komoře se solnou mlhou.....	83
Graf 4.1 Stupeň puchýřkování dle Heubacha – první modifikace.....	67
Graf 4.2 Stupeň puchýřkování dle Heubacha – druhá modifikace.....	68
Graf 4.3 Stupeň puchýřkování dle Heubacha – třetí modifikace.....	68
Graf 4.4 Stupeň puchýřkování dle Heubacha – čtvrtá modifikace.....	69
Graf 4.5 Koroze podél řezu dle Heubacha – první modifikace.....	70
Graf 4.6 Koroze podél řezu dle Heubacha – druhá modifikace.....	71
Graf 4.7 Koroze podél řezu dle Heubacha – třetí modifikace.....	71
Graf 4.8 Koroze podél řezu dle Heubacha – čtvrtá modifikace.....	72
Graf 4.9 Korozní změny kovového podkladu dle Heubacha – první modifikace.....	73
Graf 4.10 Korozní změny kovového podkladu dle Heubacha – druhá modifikace.....	74
Graf 4.11 Korozní změny kovového podkladu dle Heubacha – třetí modifikace.....	74

Graf 4.12 Korozní změny kovového podkladu dle Heubacha – čtvrtá modifikace....	75
Graf 4.13 Celková antikoroziční účinnost – první modifikace.....	76
Graf 4.14 Celková antikoroziční účinnost – druhá modifikace.....	77
Graf 4.15 Celková antikoroziční účinnost – třetí modifikace.....	77
Graf 4.16 Celková antikoroziční účinnost – čtvrtá modifikace.....	78
Obr. č. 2.1. Prostorové uspořádání lamelárních částic plniv	33
Obr. č. 3.1 Sada nožů pro stanovení přilnavosti nátěru.....	47
Obr. č. 3.2 Obrázkové standardy dle ČSN EN ISO 4628-2.....	49
Obr. č. 3.3 Předloha k posouzení stupně koroze v podkladu.....	52

Děkuji doc. Ing. J. Podjuklové CSc. za ochotu, pomoc a cenné rady, které mi poskytovala v průběhu celé diplomové práce a studia.
Velké poděkování je určeno převážně manželce za podporu a trpělivost po dobu celého studia.